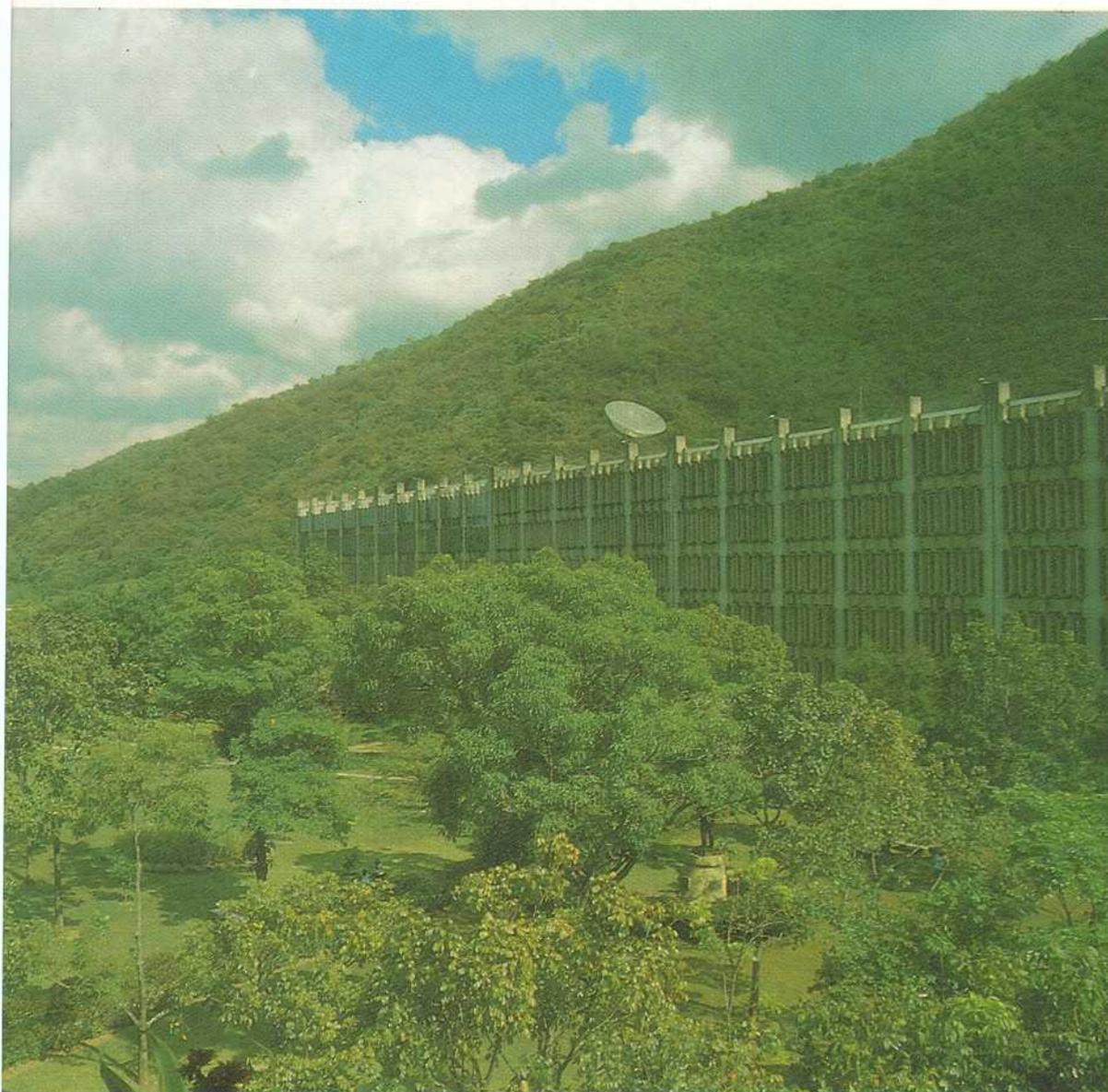


No. 2 - 1998

tekhne

Revista de la Facultad de Ingeniería



Universidad Católica Andrés Bello



Caracas, Venezuela

tekhne

Revista de Ingeniería

Rector

Luis Ugalde, S.J.

Vicerrectora Académica

Myriam López de Valdivieso

Vicerrector administrativo

Lorenzo Caldentey

Secretario

Gustavo Sucre, S.J.

Director de la Revista

Ing. Rafael Hernández S.

Decano de la Facultad

Jefe de Redacción

Ing. Alonso Pérez Luciani

Consejo Editorial

Ing. Rafael Hernández S.

Ing. Lorenzo Caldentey L.

Lic. Emilio Piriz Pérez

Ing. Alonso Pérez Luciani

Ing. Wickard Millares

Ing. Armando Gallo

Ing. Diego Casañas

Lic. Roberto Escolar

Ing. Raiza Reyes

Ing. Nelson Belardi

Ing. José M. Ríos, S.J.

Producción

Publicaciones UCAB

Diseño y Composición

Publicaciones UCAB

Impresión

Editorial Texto

Diseño de Portada

John Bruzual

Depósito Legal

pp 97-0007

ISSN: 1316-3930

Ingeniería en la WEB

<http://www.ucab.edu.ve/UCAB/facultades/ingenieria>



PUBLICACIONES UCAB

Edificio de Biblioteca, Tercer Piso

Montalbán - La Vega. Apartado postal 20.332

Caracas 1020 - Venezuela

Telf. 407.42.08

Fax: 407.43.51

tekhne

Revista de Ingeniería

Universidad Católica Andrés Bello

Facultad de Ingeniería

sumario

editorial

estudios

- 1 Modelo estratégico de la planificación de inventarios, por Ing. Diego Casanas 1
- 2 Sistema de amortiguación de vibraciones, para equipos de alta sensibilidad, por LIC. Enrique Castro y otros 13
- 3 Evaluación probabilística de confiabilidad estructural, ante acciones sísmicas en instalaciones petroleras, por Ing. José Parra Rosales 17
- 4 Rediseño de la red de distribución de suministros a nivel nacional, de una empresa de Tele-Comunicaciones, por Ing. Julio A. Grosors 31
- 5 Estimación cuantitativa de efecto de los parámetros de proceso y sus interacciones con respecto a la rugosidad de la superficie y a la relación de remoción de material, en un proceso de lijado mecánico, por Andrés Carrano y James B. Taylor. Ph.D. 37
- 6 Estudio comparativo de Dializadores Comerciales, Reacciones de Hipersensibilidad, por Lic. Beatriz Soledad y otros 49
- 7 Desarrollo en el área de estructuras, para la Norma Antisísmica, por Ing. Julio Javier Hernández 65
- 8 Evaluación de la capacidad de calidad de un proceso industrial, por métodos estadísticos, por Ing. Ángel Francisco Arvelo Lujan 75
- 9 Ventajas de la ecuación de estado de Peng- Robinson, por Ings. J. Lascurain y N. Márquez 89
- 10 Del mantenimiento preventivo al TPM por Ing. Armando Gallo 93
- 11 Destilador solar de usos múltiples, por Luisa Vollmer y Manuel Barroso Osorio 99
- 12 Diseño conceptual de distribución de una planta de fabricación de tableros eléctricos, por Francisco Lippke y Marcos Martínez. 105
- 13 Estudios Técnico-Económicos de Operaciones de Suministro de Energía Eléctrica a una mediana empresa, por Jessica Álvarez y Zulay Hung 109

artículos

- 1 La educación integral. El intercambio tecnológico en la formación del ingeniero, por Ing. Luis Enrique Palacios MS ... 113
- 2 ¿Tiene futuro la industria en Venezuela? por Ing. Roberto Vainrub 117
- 3 Imágenes del progreso de la Revista Técnica del Ministerio de Obras Públicas por Francisco Javier Pérez 121
- 4 Nanotecnología por Alfredo Anzola 129

Información general y varios

- 1 La escuela de Ingeniería informática estrena su primera directora por J.M. Rios 131
- 2 Lo que usted puede encontrar en la Web y no se atrevía a preguntar por J.M. Rios 133
- 3 Creación de CIDI por J.M. Rios 135



Revista de Ingeniería
 Universidad Central de Venezuela
 Facultad de Ingeniería
 Caracas, Venezuela
 Volumen 100 - Número 1
 Año 2002

Edición de Ingeniería, Tercer Año
 Montebello - La Vega, P.O. Box 20.202
 Caracas 1000 - Venezuela
 Tel: 477.42.00
 Fax: 477.42.01

Revista **tekhne**

Comision de Arbitraje

Ing. Santiago Vera Izquierdo

Ing. Guido Arnal Arroyo

Ing. Joseba Lascurain

Ing. Mario Paparoni

Ing. Alfozo Robaina

Ing. John Noquel

Ing. Alejo Planchart

Dra. Aura Marina Perdomo

Dr. José Luis Rodriguez

Enrique Caldentey L.

Lic. Valeriano Rodriguez

Ing. Manuel Vicente Mendez

Ing. Juan S. Sananez

Ing. José Asapchi S.

Ing. Guillermo Vidal

Este segundo número de TEKHNE ratifica el esfuerzo, dedicación e ilusión de su equipo editorial en mantenerla y consolidarla como una genuina expresión de nuestra Facultad de Ingeniería.

A los ingenieros se nos ha reconocido cierto "ingenio técnico" que nos caracteriza como creadores, organizadores y gerentes de trabajos y actividades con un espíritu de invención que ha sido en muchas ocasiones, el verdadero motor de numerosas instituciones de muy variada tipología.

Sentimos que este segundo número de Tekhne recoge mucho de ese ingenio técnico, al presentar trece estudios de áreas diversas de la ingeniería y cuatro artículos que recogen aspectos interesantes del entorno venezolano. La presencia de excelentes trabajos de grado de nuestros ingenieros muestra localidad y profesionalismo de los estudios en la Facultad. Los nuevos proyectos del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CIDI) y la Oficina del Sitio Web de la Facultad, aportarán también en el futuro excelente material para la revista. Esto ratifica que TEKHNE va el por el buen camino que se trazó desde el primer número.

Dato de importancia es el contrar ya en esta edición con una Comisión de Arbitraje integrada por excelentes profesionales de la Ingeniería, lo que ayudará a la escalada continua de calidad en los estudios y artículos que aparezcan en las próximas ediciones.

Ratificamos que TEKHNE se edita para que sirva de medio a «todo aquel que tenga algo interesante que decir» y sienta la pasión del ingenio sobre cualquier tópico dentro del maravilloso mundo de la ingeniería.

Nuestra sociedad necesita es estos momentos de órganos de divulgación que garanticen una tribuna de intercambio técnico e intelectual para coadyuvar en la superación de toda nuestra problemática, sirviendo de medio para el fin que todos queremos: la Venezuela posible donde los integrantes de nuestra comunidad vivamos, progresems y soñemos.

Gracias en nombre de la Facultad de Ingeniería de la UCAB a todos los que han hecho posible la aparición de este segundo número.

Rafael Hernández Sanchez-Ocaña

Modelo Estratégico de Planificación de Inventarios (MEPI)

Por: *Diego José Casañas E.*

Ingeniero Industrial

INTRODUCCIÓN

Los ingenieros que se encuentran actualmente gerenciando empresas en el área de manufactura se han venido enfrentando, en forma creciente y continua, a nuevas, variadas y complejas situaciones que les exigen óptimos resultados en términos de rentabilidad, productividad, reducción de costos, simplificación de trabajo, calidad, sistematización, etc. Deben estar, por lo tanto, altamente capacitados como profesionales responsables y mantenerse actualizados en todos los aspectos que conforman la naturaleza de los cargos desempeñados. Estos ingenieros están permanentemente librando batallas contra el constante incremento en el costo de los insumos, contra la competencia de productos similares elaborados en otras latitudes, contra las nuevas tecnologías que hacen rápidamente obsoletos equipos y activos de elevado costo de inversión, contra reglamentaciones y decretos oficiales que se traducen en nuevas obligaciones e impuestos, contra los terribles efectos de la inflación y, en general, contra todos aquellos factores que atentan cambiar la condiciones propias de su empresa.

De allí la imperiosa necesidad de contar con profesionales que puedan disponer de todas las herramientas posibles para enfrentar problemas de trabajo, satisfaciendo así adecuadamente el logro de metas y objetivos personales, empresariales y nacionales.

Es indudable que existen innumerables metodologías que se han venido aplicando hasta la fecha, pero también es cierto que muchas de estas tecnologías no responden a las características de nuestros países en vías de desarrollo, de la misma forma en que sucede en los entornos en donde fueron creadas.

El Modelo Estratégico de Planificación de Inventarios" (MEPI) ofrece un valioso y básico instrumento adicional para la planificación y control de los inventarios,

bajo condiciones y estilos eminentemente latinoamericanos. Ha venido siendo exitosamente aplicado, desde hace más de diez años, en diversas industrias venezolanas. Su diseño, desarrollo y aplicaciones han sido sometidos a todo tipo de pruebas de revisión, con la finalidad de mantenerlo vigente para enfrentar cualquier tipo de situación.

Los ingenieros que interactúan en las áreas de producción, logística y finanzas, encontrarán en MEPI un modelo sencillo que les permitirá tomar decisiones precisas y acertadas, que no mostrará elementos o factores extraños y que les brindará la mejor alternativa de solución. Podrán planificar mejor los recursos materiales, humanos y financieros, asegurando una programación teórica ideal, tanto de las actividades productivas como las de adquisición y almacenaje, a corto y mediano plazo.

La correcta aplicación de este modelo debe ofrecerle a la empresa una reducción mínima del veinticinco por ciento (25%) sobre el valor total del inventario promedio. De allí su significativa importancia, en especial en tiempos de crisis.

OBJETIVOS

La aplicación de MEPI en una empresa de manufactura ofrece dos objetivos principales:

1. Garantizar la existencia de productos terminados que permita cubrir la demanda pronosticada.
 2. Minimizar el valor de los inventarios estáticos.
- Adicionalmente se lograrán los siguientes objetivos secundarios:
- * Controlar el número y la calidad de proveedores actuales y potenciales.

- * Controlar las características de cada suplidor (capacidad, calidad, servicio y precio).
- * Controlar los tiempos de entrega.
- * Controlar el continuo incremento en los costos de las materias primas y materiales de envase.
- * Controlar las limitaciones del tamaño de los lotes mínimos que puedan elaborar y entregar los suplidores.
- * Controlar los lotes mínimos de fabricación de la propia empresa.
- * Controlar las características especiales de las ventas (estacionalidad, promociones, cambios de presentación, etc.).
- * Reducir el espacio destinado al almacenamiento, tanto de materias primas y materiales de envase como de productos terminados.
- * Mejorar la productividad de la planta. Controlar el efecto de posibles condiciones adversas imprevistas (huelgas, accidentes, mal tiempo, etc.).
- * Planificar y controlar el flujo de caja resultante del proceso de adquisiciones.
- * Determinar y controlar los requerimientos de mano de obra directa, por períodos mensuales y anuales.
- * Determinar y controlar los requerimientos de equipos, por períodos mensuales y anuales.
- * Valorizar y evaluar todos los inventarios de la empresa al final de cada período mensual.
- * Contar con suficiente capacidad de reacción, sobre la marcha, ante desajustes financieros originados por medidas gubernamentales, que afecten los costos de producción (aumentos de sueldos y salarios; cambios de aranceles; nuevos impuestos, etc.).
- * Brindar estrategias especiales para contrarrestar internamente los efectos de la inflación, devaluación de la moneda, etc.

UNIDADES QUE INTERVIENEN

Corresponderá a la Alta Gerencia el considerar y aprobar el "modelo" propuesto. En su administración participarán las siguientes unidades organizativas:

- * Gerencia de Logística
 - * Gerencia de Producción
 - * Gerencia de Materiales
 - * Gerencia de Compras
- Como unidades organizativas de apoyo participarán:
- * Gerencia de Mercadeo/Ventas
 - * Gerencia de Finanzas
 - * Gerencia de Sistemas
 - * Gerencia de Recursos Humanos

INFORMACIÓN BÁSICA REQUERIDA

Para diseñar, desarrollar y administrar MEPI es necesario e indispensable contar con la siguiente información:

- * Pronósticos detallados de las ventas, discriminadas por producto; para cada producto por tipo de presentación; y todos por períodos de un año desglosado por meses.
- * Inventario físico de todos los productos terminados para la fecha de cierre del año fiscal anterior. (Este inventario puede estimarse con anticipación).
- * Inventario físico de todas las materias primas y materiales de envase para la fecha de cierre del año fiscal anterior. (Este inventario puede estimarse con anticipación).
- * Fórmulas de explosión de materiales para cada presentación.
- * Estándares de producción para cada presentación, expresados en "horas-hombre" y "horas-máquina", por unidad de medida.
- * Características físicas y dimensiones de los empaques de productos terminados, materias primas y materiales de envase, para calcular el espacio requerido mensual de almacenaje al final de cada mes.
- * Precios unitarios de materias primas y materiales de envase, para calcular el flujo de caja correspondiente a las adquisiciones y para valorizar las existencias al cierre de cada período mensual.

- * Costo de inventario de los productos terminados y semi-elaborados, para el cierre de cada período mensual.

Después del primer mes de haber implantado MEPI, se requerirá:

- * Ajuste de las ventas para el resto del año fiscal.
- * Inventarios físicos de productos terminados al final de cada mes.
- * Inventarios físicos de materias primas y materiales de envase al final de cada mes.

DEFINICIONES

Los términos que se definen a continuación son aquellos comúnmente usados en la administración del "Modelo Estratégico de Planificación del Inventarios" (MEPI).

Mínimo: corresponde al punto más bajo que pueda alcanzar el inventario de un producto terminado, materia prima o material de envase.

Máximo: corresponde al punto más alto que pueda alcanzar el inventario de un producto terminado, materia prima o material de envase.

Tiempo de Espera: es el tiempo requerido para ordenar, procesar y recibir de un suplidor, un pedido de materias primas o materiales de envase.

Punto de Reorden: es aquel punto o nivel de inventario que señala el ordenamiento de un nuevo pedido. Se define como la cantidad de inventario que será normalmente usado antes que la siguiente entrega se haga efectiva, más el inventario de seguridad.

Inventario de Seguridad: es la cantidad de reserva de inventario que garantiza un volumen suficiente para una producción de emergencia, dado el caso que el tiempo de espera exceda lo anticipado. Generalmente se fija de acuerdo con una de las siguientes condiciones:

El equivalente a un mes de suministro.

Una cantidad igual al más alto requerimiento mensual ocurrido durante el último año.

Lote Económico de Fabricación: es el volumen mínimo que una planta fabricará en cada oportunidad y

para cada tipo de presentación. Se calcula mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2C_p R}{Ch(1-r/p)}}$$

donde:

Q_0 = Lote Económico.

C_p = Costo relacionado con la elaboración de una orden de producción.

Ch = Costo de inventario de cada producto.

R = Venta anual de cada producto.

r = Requerimiento diario o tasa de utilización.

p = Tasa de producción diaria

Cuando por cualquier razón válida, el cálculo de " Q_0 " resulte muy difícil o imposible de obtener (generalmente en la mayoría de las empresas se desconocen los valores de " C_p " y de " Ch "), se podrá, por excepción, establecerlo sobre la base de una jornada de trabajo (ocho a veinticuatro horas dependiendo del caso), teniendo el suficiente cuidado de verificar que los costos a incurrirse en los cambios de línea u otros sean mínimos. Una vez obtenido el lote económico se procede a dividir la venta anual " R " entre este valor de " Q_0 ", obteniéndose el número de veces (o de jornadas de trabajo) que habrá de producirse durante el año.

Si el resultado obtenido (R/Q_0) está:

Entre 1 y 12, el lote de fabricación será igual a " Q_0 ";

Entre 13 y 24, el lote de fabricación será igual a " $2Q_0$ ";

Entre 25 y 36, el lote de fabricación será igual a " $3Q_0$ ";

Y así sucesivamente.

De esta forma, en un mes determinado, se estarán produciendo de una vez, 1, 2, 3 ó más lotes " Q_0 " seguidos, reduciendo en forma clara diversos costos asociados con cambios en las líneas de producción.

CUADRÍCULA MEPI PARA PRODUCTOS TERMINADOS

Para productos terminados se utilizará la cuadrícula que se indica a continuación:

NOMBRE PRODUCTO: _____	VENTA ANUAL: _____
UNIDAD: _____ $\alpha =$ _____	INV. FINAL: _____
LOTE ECONÓMICO: _____	LOTE DE FABRICACIÓN _____

													AÑO	1	2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
VENTAS															
MÍNIMO															
MÁXIMO															
PRODUCCIÓN															
INV. FINAL															

1. *Ventas*: las unidades de ventas mensuales, pronosticadas para cada una de las presentaciones, se registrarían en la cuadrícula. (Esta información será recibida de la Gerencia de Mercadeo/Ventas).

A medida que termine un período, el programa ajustará los saldos en la misma proporción en que han sido fijados los porcentajes mensuales.

2. *Mínimos*: se establecerán de acuerdo con el siguiente procedimiento:

2.1. Se sumarán los volúmenes de ventas de cada presentación, correspondientes a los tres primeros meses. Si han transcurrido "n" meses la suma será "n+1", "n+2", "n+3".

2.2. El valor obtenido en el punto 2.1. anterior se divide entre tres (3), a fin de determinar la venta promedio mensual de ese trimestre.

2.3. El valor obtenido en el punto 2.2. anterior se multiplicará por el "factor de ajuste" (α), convirtiéndose dicho valor en el mínimo de cada presentación para el primero de los tres meses tomados en cuenta. La determinación del valor del "factor de ajuste" (α) estará en fun-

ción del volumen anual de ventas y representará un porcentaje de la venta promedio mensual. Tomará en cuenta, además, la capacidad y el tiempo en que la planta pueda fabricar un nuevo lote de producción. Valores entre 0,25 y 0,50 (equivalentes a una semana y quince días), corresponderán a productos con muy altos volúmenes de ventas y que pueden producirse con facilidad y rapidez; valores entre 0,50 y 1,00 (equivalentes a quince días y un mes), corresponderán a productos con altos volúmenes de ventas y para los cuales la planta reacciona con relativa rapidez; valores entre 1,00 y 1,50 (equivalentes a un mes y a mes y medio), corresponderán a productos con bajos volúmenes de ventas y para los cuales la planta requiere tiempo adicional para acondicionar las líneas; valores superiores a 1,50 (equivalentes a más de mes y medio), corresponderán a productos con muy bajos volúmenes de ventas y para los cuales la planta requiere de una adecuación especial. Cuando los productos son muy complejos podrá llegarse a valores superiores a 3,00 (equivalentes a más de tres meses).

La determinación del valor preciso se hará mediante el procesamiento de las ventas históricas de la empresa, realizando pruebas con diferentes valores hasta encontrar aquel que permite cubrir las ventas reales de esos

períodos sin producir inventario “cero” en ninguno de los lapsos mensuales. Cualquier valor negativo presupone situación de escasez. Todo valor del “factor de ajuste” (α) deberá ser aprobado por la Alta Gerencia y no podrá ser alterado durante el ejercicio económico.

La aplicación de este procedimiento para fijar los mínimos de existencia de productos terminados (equivalentes a inventarios de seguridad) ofrece las siguientes ventajas:

- * Minimiza el dinero invertido en inventarios al aplicar “factores de ajuste” (α) bajos para presentaciones con altos volúmenes de ventas.
- * Garantiza la venta al contar con suficiente tiempo de reacción para fabricar cualquier volumen adicional durante algún período mensual.
- * Al bajar los mínimos sobre ventas promedio de los siguientes tres meses, se estarán reduciendo los inventarios durante lapsos trimestrales de baja venta y se estarán incrementando progresivamente a medida que se vayan incorporando meses con medianos o altos volúmenes de ventas.
- * El procedimiento es muy sencillo de calcular e interpretar.

Es importante señalar que para calcular el mes once (11), el tercer mes a considerar corresponderá al siguiente ejercicio económico, para lo cual se podrá:

- * Usar el mismo volumen de venta del mes uno (1).
- * Ajustar el valor del mes uno (1) multiplicando el volumen del año anterior por el porcentaje de crecimiento/decrecimiento que la empresa haya establecido para ese nuevo ejercicio.

Se procederá en forma similar cuando el mes a considerar sea el doce (12). En este caso la relación de hará con respecto al mes dos (2) del ejercicio actual.

3. *Máximos*: se calcularán de acuerdo con el siguiente procedimiento:

3.1. Se obtendrán los valores determinados para los mínimos de cada presentación.

3.2. Se obtendrán los valores correspondientes a los lotes de fabricación de cada presentación.

3.3. Se sumarán los dos valores anteriores.

La aplicación de este procedimiento para fijar los máximos de existencia de productos terminados ofrece las siguientes ventajas:

- * Los valores obtenidos son extremadamente realistas y garantizan el cumplir con cualquier venta extraordinaria que pueda producirse en un mes determinado.
- * No se producirán violaciones a los valores establecidos, por cuanto no podrá justificarse el elaborar lotes de producción en exceso de lo programado.
- * Se dispondrá de tiempo para cubrir alguna venta muy extraordinaria que pueda presentarse.

Es conveniente señalar que únicamente la Alta Gerencia podrá autorizar el que se excedan, en un momento determinado, los volúmenes máximos establecidos.

4. *Producción*: el volumen que habrá de producirse en cualquier período mensual se calculará de acuerdo con la siguiente fórmula:

Producción = venta pronosticada para ese mes + mínimo correspondiente - inventario mes anterior.

El resultado obtenido deberá ajustarse al tamaño del lote de fabricación, o a múltiplos de éste.

5. *Inventario Final*: para completar la cuadrícula MEPI para productos terminados, se procederá a calcular el inventario final estimado para cada período, de acuerdo con la siguiente fórmula:

Inventario Final = inventario inicial + producción programada para el mes - venta pronosticada para el mismo mes.

CUADRÍCULA MEPI PARA MATERIAS PRIMAS Y MATERIALES DE ENVASE

Se utilizará la cuadrícula que se indica a continuación:

MATERIA PRIMA/MATERIAL DE ENVASE: _____ CÓDIGO: _____

UNIDAD: _____ INV. FINAL: _____

LOTE DE ADQUISICIÓN: _____ MÍNIMO _____ %

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	AÑO
REQUERIMIENTO													
MÍNIMO													
MÁXIMO													
COMPRA													
INV. FINAL													

1. Requerimientos: las unidades de producción resultantes del MEPI para productos terminados constituyen la entrada de información básica para el cálculo de los requerimientos. Estos valores se obtienen utilizando la fórmula del producto o "explosión de materiales".

2. Mínimos: para todas las materias primas y materiales de envase se establecen en función del tiempo de espera, el cual comprende:

- * Procesamiento de la requisición.
- * Procesamiento de la orden de compra.
- * Procesamiento de permisos gubernamentales (cuando proceden).
- * Tramitaciones de importación (cuando proceden).
- * Procesamiento del pedido por parte del suplidor.
- * Fabricación (de ser el caso).
- * Preparación para el despacho.
- * Entrega del pedido.

La Gerencia de Compras deberá conocer perfectamente las características de cada suplidor, en función de las materias primas y materiales de envase que esté en condiciones de suministrar, con la finalidad de asegurar y establecer, con absoluta precisión, el tiempo total de espera para cada caso.

Los tiempos, así establecidos, representarán un porcentaje sobre la base de trescientos sesenta (360) días por año, fijando su relación en forma exacta o ser redondeada así:

- * 15 días = 4%
- * 30 días = 8%
- * 45 días = 12%
- * 60 días = 16%
- * 90 días = 25%
- * 180 días = 50%

Estos porcentajes serán utilizados cuando la empresa cuenta con dos o más suplidores confiables o cuan-

do controla su propia fabricación (integración vertical). En el caso de tener que depender de un solo proveedor es recomendable incrementar estos porcentajes así:

*	15 días =	4% +	2% =	6%
*	30 días =	8% +	2% =	10%
*	45 días =	12% +	4% =	16%
*	60 días =	16% +	9% =	25%
*	90 días =	25% +	5% =	40%
*	180 días =	50% +	50% =	100%

El número de unidades que representan los mínimos se obtendrá multiplicando el porcentaje seleccionado por el requerimiento anual de cada materia prima o material de envase. Este valor no sufrirá cambio alguno durante el año calendario o fiscal, a menos que la Alta Gerencia de la empresa modifique las estimaciones de ventas.

3. *Máximos*: se calculan de acuerdo con el siguiente procedimiento:

3.1. Se obtienen los valores determinados para los mínimos de cada materia prima o material de envase.

3.2. Se obtienen los tamaños de lotes mínimos de adquisición, según los acuerdos celebrados con los proveedores.

3.3. Se suman los dos valores anteriores.

Dependiendo de las características de algunas materias primas o materiales de envase importados, podría llegarse a la fijación de máximos con valores superiores a un año de requerimiento.

4. *Cantidades a Ordenar*: como fue indicado anteriormente, las cantidades a ordenar están representadas por aquellos volúmenes equivalentes a los lotes mínimos de adquisición negociados con las empresas proveedoras. La Gerencia de Compras tendrá la facultad (de contarse con un buen sistema informativo) de adelantar o retrasar entregas dentro de cada período mensual, siempre que cuente con la aprobación del proveedor respectivo.

5. *Puntos de Reorden*: por cuanto la dinámica del modelo destaca, en cada período mensual, la situación de todas las materias primas y materiales de envase, es obvio que el punto de reorden ocurrirá automáticamente en el transcurso del mismo. La empresa podrá optar por adelantar la tramitación de un pedido, desde el mismo momento en que ha sido programada la producción para

los siguientes meses, o retrasar esta decisión hasta tanto la necesidad se haga ineludible. Dado que en la mayoría de las empresas los programas diarios de producción no son del conocimiento de la Gerencia de Compras es recomendable proceder, al inicio de cada período trimestral, a tomar las acciones correspondientes para satisfacer la programación del tercer mes en consideración.

6. *Compra*: la cantidad de unidades que habrán de adquirirse para cada período mensual se calcula como sigue:

Compra = requerimiento de una materia prima o material de envase de acuerdo con su fórmula de explosión de materiales + mínimo - inventario físico al cierre del mes anterior.

Los resultados así obtenidos se ajustarán al tamaño del lote mínimo de adquisición o múltiplos del mismo, que han sido negociados con el proveedor.

7. *Inventario Final*: para completar el MEPI de materias primas y materiales de envase, se procede a calcular el inventario final para cada período mensual, aplicando la siguiente fórmula:

Inventario Final = inventario inicial + compras estimadas para el mes - requerimientos.

IMPLANTACIÓN EN LA EMPRESA

1. *Obtención de Información*: el proceso de levantamiento de información debe ser completo, minucioso y ordenado, a objeto de obtener datos y cifras ciertas y confiables que permitan fácilmente la tarea de análisis y evaluación.

La información a recopilar debe incluir, entre otros, los siguientes datos:

- * Estadísticas históricas de ventas, discriminadas por tipo de producto y por períodos mensuales.
- * Explicación razonada sobre cifras anormales de ventas.
- * Tiempo de reposición de productos terminados (por fabricación propia o por adquisición local o importada).
- * Pronóstico oficial de ventas para el siguiente año calendario o fiscal, discriminado por tipo de producto y por período mensual.
- * Valores de los lotes económicos "Q₀" para cada producto.

- * Valores de los lotes de fabricación para cada producto.
- * Valores de los lotes mínimos de adquisición para la compra de materias primas y materiales de envase, negociados con los proveedores.
- * Inventario físico de todos los productos terminados para el cierre del año calendario o fiscal anterior.
- * Costo de inventario para todos los productos terminados.
- * Inventario físico de todas las materias primas y material de envase para el cierre del año calendario o fiscal anterior.
- * Precio de todas las materias primas y materiales de envase.
- * Tiempos de espera para la adquisición de todas las materias primas y materiales de envase.
- * Valorización del inventario durante el último ejercicio económico.
- * Índice de Rotación de Inventarios durante el último ejercicio económico.

Con la finalidad de aprovechar MEPI para otros análisis de información, deberán obtenerse, además, los siguientes datos adicionales:

- * Estándares de mano de obra directa para la fabricación de cada producto (Horas-Hombre por unidad).
- * Estándares de producción para cada operación (Horas-Máquina por unidad).
- * Dimensionamiento de todas las cajas empleadas para almacenar productos terminados.
- * Dimensionamiento de todas las cajas utilizadas por los proveedores (u otro tipo cualquiera de contenedor) para el despacho de materias primas y materiales de envase.
- * Planos de la planta, incluyendo áreas de almacenaje.

2. Tabulación y Análisis de Datos: la información recibida debe ser entonces ordenada y clasificada para estar en condiciones de iniciar su análisis. Es así como podrán obtenerse los siguientes resultados:

- * Determinación de los "factores de ajuste" (α) para cada uno de los productos.

- * Determinación de los lotes de fabricación para cada uno de los productos.
- * Elaboración de las cuadrículas de productos terminados.
- * Determinación del costo de inventarios para productos terminados.
- * Fórmulas para la explosión de materias primas y materiales de envase de cada producto.
- * Determinación de los lotes mínimos de adquisición para todas las materias primas y materiales de envase.
- * Elaboración de las cuadrículas de materias primas y materiales de envase.
- * Determinación del costo de inventario para materias primas y materiales de envase.
- * Determinación del costo total del inventario.
- * Cálculo del Índice de Rotación de Inventarios.
- * Elaboración del programa de compras.
- * Elaboración del programa de entregas.
- * Horas-Hombre requeridas por operación y por período mensual.
- * Horas-Máquina requeridas por operación y por período mensual.
- * Requerimiento de espacio (metros cuadrados y cúbicos) para productos terminados, materias primas y materiales de envase, discriminado por mes.

3. Registro y Carga: inicialmente deben mantenerse registros en kardex para todos los productos terminados y para todas las materias primas y materiales de envase. En cada tarjeta se anotará:

- * Nombre del ítem.
- * Unidad de medida.
- * Código.
- * Precio o costo de inventario.
- * Mínimo.
- * Máximo.
- * Lote de fabricación.

- * Lote mínimo de adquisición.
- * Movimiento de entrada.
- * Movimiento de salida.
- * Saldo.

Simultáneamente debe iniciarse la elaboración de los programas de computación (software), para lograr que la mecanización y el procesamiento de la información se logre en el más breve plazo.

Una vez diseñados, desarrollados y aprobados exitosamente los programas, se procede a la carga definitiva de los datos, con lo cual se obtendrán todos los listados necesarios para la correcta administración de MEPI. Al mismo tiempo se procede con la mecanización de los registros y movimientos de almacén.

Terminados todos los programas se procederá a dejar sin efecto el trabajo manual de llevar tarjetas de kardex.

4. Asignación de Responsabilidades: de acuerdo con las características de cada empresa, se tomará una decisión sobre las unidades organizativas que habrán de administrar MEPI. En todo caso, siempre estarán presentes las siguientes:

- * Unidad de Mercadeo/Ventas, para suministrar pronósticos y para ajustar los saldos no vendidos en lo que resta del año calendario o fiscal.
- * Unidad de Planificación de la Producción, para establecer los programas diario y semanal en función de la cifra de producción mensual que aporta MEPI.
- * Unidad de Producción, para llevar adelante el cumplimiento del programa elaborado para la fabricación.
- * Unidad de Almacén, para suministrar información sobre inventarios y su movimiento.
- * Unidad de Compras, para adquirir las materias primas y materiales de envase.

Estas cinco unidades deben trabajar muy unidas para garantizar el éxito del conjunto. Sus integrantes deberán ser propiamente entrenados. Habrán de diseñarse y desarrollarse manuales de normas y procedimientos que permitan, por una parte facilitar la capacitación y, por la otra, darle cohesión y constancia al seguimiento de tareas para mantener el "Modelo Estratégico de Planificación de Inventarios".

5. Puesta en Marcha: al haber sido calculados todos los valores que maneja el MEPI, disponer de las estimaciones oficiales de ventas para el primer ejercicio económico, conocer los inventarios de productos terminados, materias primas y materiales de envase, y desarrollados los programas de computación, habrá quedado definitivamente en marcha MEPI.

A partir de ese momento se empezarán a producir los listados previstos, contando así con información suficiente para el análisis de situaciones y la toma de decisiones.

6. Actualización: el "Modelo Estratégico de Planificación de Inventarios" (MEPI) para productos terminados es dinámico y, como tal, cambia todos los valores de mínimos y máximos todos los meses. De allí que los valores reajustados de las ventas, después de transcurrido el primer mes y en lo sucesivo, sean vitales para evitar situaciones que pudiesen ocasionar el producir sin ser necesario o el dejar de producir cuando era obligatorio hacerlo.

El "factor de ajuste" (α) será sujeto constante de actualización, de acuerdo con los resultados reales que se vayan presentando durante cada ejercicio económico. Para las materias primas y materiales de envase se tendrá cuidado de velar porque se efectúen los ajustes necesarios a los mínimos y a los máximos, en caso de producirse cambios en los estimados de ventas, o por haber cambiado de suplidores.

Finalmente, el manual de normas y procedimientos que se desarrolle habrá de mantenerse constantemente actualizado, introduciendo en el mismo los cambios que puedan ir presentándose.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las empresas que forman parte de las economías productivas de los países latinoamericanos poseen características comunes en cuanto al manejo de un activo tan importante como lo son los inventarios. Es considerable el número de empresas que en un momento determinado cae en algún tipo de crisis financiera y, dolorosamente, sus gerencias son incapaces de recurrir a soluciones sencillas. Prácticamente un alto porcentaje de estas empresas en crisis adolecen de graves males, los cuales están, directa o indirectamente, relacionados con los inventarios. Abundan las empresas con elevadas existencias de productos o materias primas, muchas de las veces descontinuados o en mal estado físico, de las

cuales no se pueden desprender fácilmente; por otra parte, es igualmente común encontrarse con empresas, aún de origen norteamericano o europeo, que se ven obligadas a suspender la producción en planta por fallas en sus almacenes.

Pudieran citarse innumerables casos reales; sin embargo, no es esta la finalidad. Lo que si debemos entender es que nuestras características de pueblos latino-americanos, más o menos organizados, son diferentes a aquellas que conforman los países industrializados, en especial el Japón, donde juega un papel tan importante la cultura y las costumbres de su gente.

Por lo tanto, si somos diferentes, debemos organizarnos y actuar diferente. No significa esto, en forma alguna, que desechemos los principios que motivaron el desarrollo de técnicas tan importantes como el R.P.G., R.P.G. II, Just in Time, Cero Defectos, etc., sino que debemos aplicar técnicas que se adapten a nuestra idiosincrasia. El "Modelo Estratégico de Planificación de Inventarios" (MEPI) es la mejor respuesta. Ha sido probado exitosamente en varias empresas y demostrado ser una excelente herramienta en manos de un buen gerente. Su campo de aplicación no debe limitarse únicamente a empresas productivas, por cuanto en compañías de servicios tales como hoteles, hospitales, servicios públicos, etc., producirían igualmente beneficios económicos muy significativos, en especial durante los años presentes colmados de crisis de toda índole.

Aparte del indudable control que permite en las áreas de producción, compras y almacenes, es evidente que los resultados planificados se cumplen en forma estricta, por lo cual es concluyente el hecho de saber que los ejecutivos de estas áreas si están contando con un sistema clave para cumplir acertadamente con sus objetivos, al tomar las decisiones más correctas.

Por otra parte, la información adicional que proporciona al relacionarlo con estándares de producción, para conocer anticipadamente los requerimientos futuros de mano de obra directa, así como al relacionarlo con las características de los empaques, para determinar espacios requeridos a futuro, hacen aún de mayor valor su implantación en la empresa.

Las recomendaciones son, por lo tanto, de sentido común y pudieran concretarse en dos aspectos:

a. Con respecto a las empresas.

Difundir el contenido de MEPI a sus ejecutivos a través de cursos, talleres, seminarios, etc., con la finalidad de lograr su inmediata implantación. Su aplicabilidad estaría enfocada, con ligeras variantes, hacia:

- * Empresas eminentemente productivas.
- * Empresas eminentemente de servicios.
- * Empresas del estado.

b. Con respecto a los estudiantes.

Incorporar el contenido de MEPI en los Pensa de estudios de materias asociadas a la administración de la producción e inventarios, con lo cual se dota al futuro profesional de conocimientos y prácticas que el modelo le proporciona.

El ejecutivo del presente debe manejar MEPI como un instrumento más y estar en condiciones de aplicarlo en cualquier momento y en cualquier lugar.

(Información adicional: dcasanas@ucab.edu.ve en Internet).

4.2 Análisis de resultados

Para las diferentes hipótesis descritas en el aparte anterior, se determinaron los valores de riesgo (Prob[M<0]) en un año (t=1 año, el valor para cualquier otro tiempo es directo por la Ec. 3). Se consideró como intervalo representativo de valores de Ao al intervalo [0,05g; 1,0g]. Las vulnerabilidades se calcularon tanto por el método de Monte Carlo como por el método FORM, obteniéndose diferencias del orden de 15%. Estas diferencias son totalmente aceptables, ya que al comparar valores de riesgo sólo se consideran importantes diferencias del orden de 100%, debido a las aproximaciones involucradas. A efectos de interpretar los resultados es conveniente analizar no sólo los valores de Prob[M<0], sino también el integrando de la Ec. 3:

$$Prob[M < 0] \approx t \int_{a_o=0}^{a_o=\infty} Prob[M < 0 | A_o] \frac{d(-\lambda)}{da_o} da_o = t \int_{a_o=0}^{a_o=\infty} \lambda_M(a_o) da_o \tag{9}$$

La función $\lambda_M(a_o)$ indica la forma como el riesgo (Prob[M<0]) se distribuye entre sismos con diferentes Ao, y permite identificar en que intervalos de Ao es más importante la influencia de las variables involucradas. Si Ao es muy pequeño, $\lambda_M(a_o)$ también será pequeño, ya que aunque la ocurrencia de sismos pequeños es muy probable, la vulnerabilidad es muy reducida. Asimismo, si Ao es muy grande $\lambda_M(a_o)$ será igualmente muy pequeño, ya que aunque la vulnerabilidad es cercana a 1, la tasa de ocurrencias de sismos con Ao muy grandes es prácticamente nula. El riesgo viene dado (con aproximación suficiente) por el área bajo la curva $\lambda_M(a_o)$.

TABLA 2. Efecto de la dist. de W y del refuerzo

	Prob[M<0]*10 ⁵	Prob[M<0]*10 ⁵
	W-U[115,5;771,9]	W-TI[115,5;771,9]
Caso, Ab	230,	111,
Caso, 2*Ab	42,2	16,7
Caso, 3*Ab	10,4	3,73
Efecto del amortiguamiento. Caso Ab.		
ζ, caso i	230,	111,
ζ, caso ii	227,	101,
ζ, caso iii	259,	121,

La Fig. 12 y la TABLA 2 muestran el efecto de la variabilidad en el peso de la esfera y su contenido. Debido a la amplia variación (relación lleno/vacío=6,7), el patrón de operación de la esfera juega un papel determinante. Una variación en la distribución del peso entre uniforme y triangular sesgada a la izquierda implica una disminución de E[W] de un 25% (de 444t a 334t) y una disminución del riesgo en un 40%-50%, independientemente del refuerzo. La TABLA 2 indica también la sensibilidad del riesgo a los distintos modelos supuestos para el amortiguamiento. En líneas generales la sensibilidad es muy pequeña, por lo que cualquier suposición razonable, basada en los valores usualmente recomendados en la práctica es igualmente aceptable.

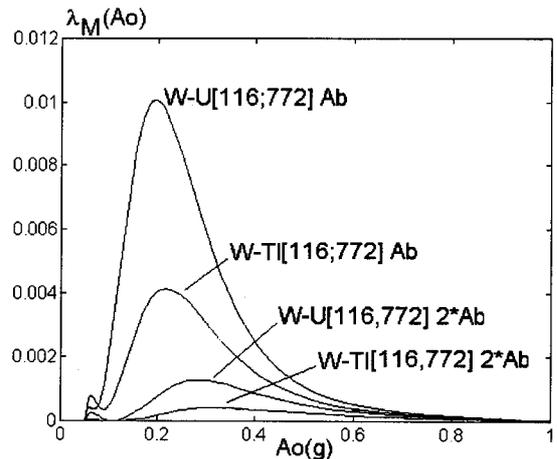
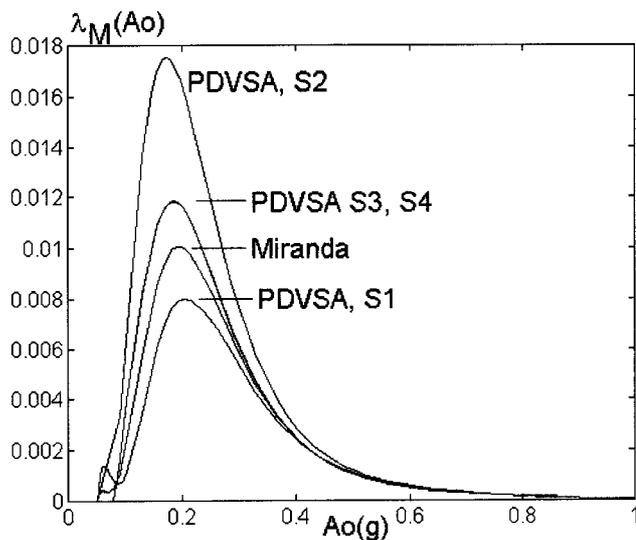


Fig. 12. Efecto de la distribución del peso.

La TABLA 3 y la Fig. 13 (para la estructura sin refuerzo) muestran la sensibilidad del riesgo a las condiciones geotécnicas locales, representadas éstas por espectros tipificados. En un caso general, esta sensibilidad depende del intervalo de valores probables para el período de vibración T. En el presente caso, se puede demostrar que el valor esperado E[T]=0,43s y su desviación estándar s[T]=0,16s. Las diferencias en los valores de riesgo para el espectro dado por Miranda [1993a] y el S1 [PDVSA JA-221] son pequeñas. La diferencias entre éstos resultados y los obtenidos para suelo S2 varían entre un 56% mayor (estructura sin refuerzo) a un 30% mayor (estructura con refuerzo 2*Ab). Esta diferencia es comparable con la de la variación supuesta en la distribución del peso, lo que indica que para este ejemplo en particular es importante distinguir entre S1 y S2.

Tabla 3. Efecto de las C.G.L.

	Prob[M<0]*10 ⁵ (Abi)	Prob[M<0]*10 ⁵ (2*Abi)
Caso base: Miranda	230,	42,2
Caso ii: PDVSA-S1	195,	49,6
Caso iii: PDVSA-S2	358,	55,1
Caso iv: PDVSA-S3	260,	-
Caso v: PDVSA-S4	259,	-



**Fig. 13. Efecto de las C.G.L.
(estructura sin refuerzo).**

Con relación al efecto de la distribución subjetiva supuesta para la ductilidad global D, se observa en la Fig. 14 y la TABLA 4 que el sólo hecho de pasar de una distribución uniforme a una algo más pesimista (caso ii, Fig. 10) o más optimista (caso iii, Fig. 10) produce variaciones relativas del riesgo entre 33% y 55%. Considerando los casos iv) y v) que implican variaciones en el valor medio de D de un 22% aprox, el riesgo varía notablemente, desde casi la mitad hasta casi el triple. Es evidente entonces la primordial importancia de la correcta selección de los valores del factor de ductilidad para estimar los valores de riesgo, o equivalentemente, la definitiva influencia que ejerce el conocimiento del mecanismo de

colapso y de la estabilidad de la respuesta no-lineal sobre la capacidad de predecir el desempeño sismorresistente de una estructura.

TABLA 4. Efecto de la ductilidad global.

	Prob[M<0]*10 ⁵ (Abi)	Prob[M<0]*10 ⁵ (2*Abi)
Caso base: U[1,5;3,0]	230,	42,2
Caso ii: TI[1,5;3,0]	306,	64,5
Caso iii: TD[1,5;3,0]	154,	25,8
Caso iv: U[1,0;2,5]	527,	121,
Caso v: U[2,0;3,5]	116,	20,7

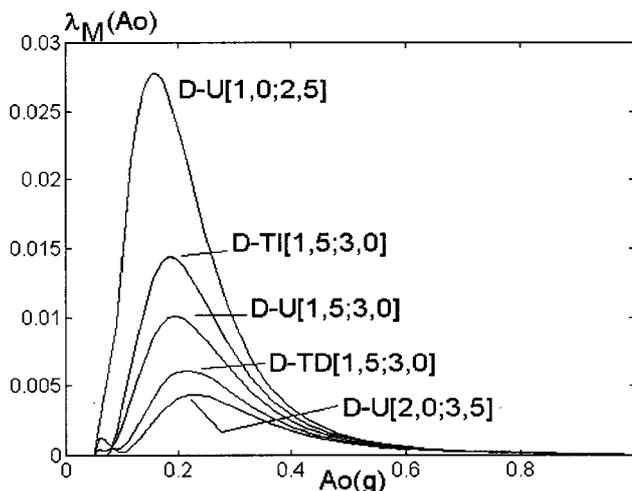


Fig. 14. Efecto de la ductilidad D.

El efecto de las variaciones supuestas en la curva de amenaza, consideradas conjuntamente con su incertidumbre, se muestran en la TABLA 5. En general el efecto de un cambio local en la amenaza depende del intervalo de valores de Ao que controlan el riesgo. Este intervalo abarca valores mayores de Ao en la medida en que se aumenta el refuerzo. En cualquier caso, se observa que aumentar la tasa de ocurrencia de sismos con Ao entre 0,2g-0,3g en un 100%, produce variaciones en el riesgo entre un 4% y un 46%, por lo que la sensibilidad es menor que en el caso de por ejemplo variaciones en el factor de ductilidad global.

Por último, se observa en la TABLA 6, que duplicar el área de las barras de arriostramiento (2*Abi) implica un aumento en un 75% de la resistencia a cargas laterales S, lo que a su vez se traduce en una disminución del riesgo a una sexta parte aproximadamente. Del mismo modo, si se triplica el área de las barras, la resistencia aumenta en un 150% y el riesgo disminuye unas 25 ve-

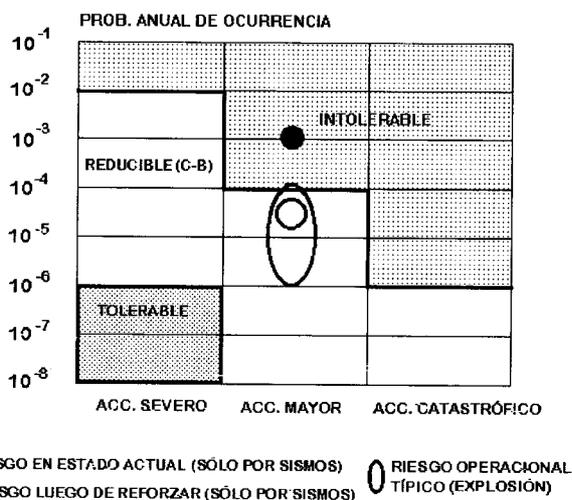
ces. El efecto es independiente de la distribución del peso, ductilidad y en general del resto de las variables claves. Es importante resaltar como una medida de refuerzo, de implementación razonablemente sencilla, disminuye los valores de riesgo en un grado mucho mayor que cualquier mejora (supuesta favorable) en la calidad de la in-

TABLA 5. Sensibilidad del riesgo a la amenaza sísmica.

	$E[\lambda(a_o)],$ COV[I(a_o)]	$q2(a_o)*d\lambda/da$ COV[I(a_o)]	$q3(a_o)*d\lambda/da,q$ COV[I(a_o)]	$4(a_o)*d\lambda/da,$ COV[I(a_o)]	$q5(a_o)*d\lambda/da_o,$ COV[I(a_o)]
Caso (Abi), W-U	231,	335,	283,	305,	178,
Caso (2*Abi), W-U	42,5	51,7	47,1	57,0	37,9
Caso (3*Abi), W-U	10,4 10,4	11,0	10,7	12,5	10,2

TABLA 6. Sensibilidad del riesgo al refuerzo de los arriostramientos

	Resistencia del sistema de arriostramientos. E[SA] (t)	Resistencia total de la estructura de soporte. E[S] (t)	Prob[M<0]*10 ⁵ W-U[115,5;771,9]	Prob[M<0]*10 ⁵ W-TI[115,5;771,9]
Caso base, Abi	160,3	214,7	230,	111,
Caso base, 2*Abi	320,7	375,0	42,2	16,7
Caso base, 3*Abi	481,0	535,4	10,4	3,73



formación relacionada con el resto de las variables que intervienen en el problema.

En la Fig. 15 se comparan (en forma aproximada) los valores de riesgo estimados para la condición sin reforzar, la condición reforzada con 3*Ab y los riesgos típicos operacionales de este tipo de recipientes [DNV, 1995] con los criterios de riesgo tolerable establecidos por el Manual de Ing. de Riesgos de PDVSA. Se observa que el nivel de riesgo en la condición sin reforzar es intolerable y mayor que el nivel de riesgo asociado a la operación (explosión por agrietamiento, degradación, etc.). Luego del refuerzo el nivel de riesgo está en la categoría de "reducible", lo que significa que puede ser aceptable, pero se recomienda un análisis costo-beneficio para determinar si se justifica invertir mayores recursos para reducir aún más el riesgo.

Fig. 15. Criterio de riesgos tolerables.

5. Conclusiones

Los métodos de evaluación probabilística de confiabilidad estructural no son un reemplazo a los procedimientos de diseño y análisis determinístico. Su utilidad estriba en que obligan a considerar las incertidumbres y limitaciones en nuestra capacidad de predecir tanto la amenaza sísmica, como el efecto de las condiciones geotécnicas locales y las características de resistencia y respuesta de la instalación en cuestión. Al considerarlas en forma explícita, es posible lograr una visión integral del problema, e identificar los aspectos más relevantes. Adicionalmente, el cálculo del riesgo sísmico permite establecer criterios de diseño que conduzcan a un nivel de seguridad comparable al asociado a la naturaleza propia de la actividad industrial. Por esta razón se recomienda incluir, en forma sistemática, la estimación del riesgo en la evaluación de instalaciones típicas y en el diseño de nuevas instalaciones cuya importancia así lo amerite.

6. Referencias

- ANG, A.; TANG, W.** *Probability Concepts in Engineering Planning and Design. Volume II. Decision, Risk and Reliability.* New York; John Wiley and Sons, 1984. 562 p.
- Det Norske Veritas (DNV).** *Base Resource Document on Risk Based Inspection.* Prepared for API Committee on Refining Equipment Risk Based Inspection Sponsors Group. Houston, 1995.
- FRANK, R.** *A statistical study of the response spectra of the 39 real earthquake records.* Internal report. MIT. 1979.
- GALAMBOS, T., RAVINDRA, M.** Properties of steel for use in LRFD. *Journal of the Structural Division.*, Vol. 104, No. ST9, Sep., 1978.
- GAJARDO, E., FRANKE, M.** Comunicación personal con el autor. 1995
- MADSEN, H.; KRENK, S.; LIND, N.** *Methods of Structural Safety.* New Jersey; Prentice-Hall, 1986. 403 p.
- MELCHERS, R.** *Structural Reliability. Analysis and Prediction.* England; Ellis Horwood Limited, 1987. 400p.
- MIRANDA, E.** Probabilistic site-dependent non-linear spectra. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 22, 1031-1046. 1993(a)
- MIRANDA, E.** Evaluation of site-dependent inelastic seismic design spectra. *Journal of Structural Engineering*, Vol. 119, No. 5, May, 1993(b)
- PARRA R., J.** *Metodología para la evaluación de la confiabilidad estructural ante acciones sísmicas. Aplicación a una plataforma lacustre.* Inf. Técn. No. INT-02635,93. INTEVEP S.A. Los Teques, 1993.
- PARRA R., J.; VANMARCKE, E.** *Seismic Structural Reliability Based on a Code Format.* Artículo en preparación para el Journal of Structural Engineering. ASCE.
- PDVSA.** Diseño Antisísmico de Instalaciones Industriales. Especificación de Ingeniería JA-221. Ago, 1991.
- PDVSA.** Manual de Ingeniería de Riesgos. Criterios para el Análisis Cuantitativo de Riesgos. PDVSA-IR-R-02. Mayo, 1993.
- VANMARCKE, E.** Seismic Safety Assessment. En *Notes of Seminar on Seismic Safety Assessment and Soil Structure Interaction.* Taipei, Taiwan; 1-86. 496 p. Dic., 9, 1983.
- VANMARCKE, E.** Structural response to Earthquakes. En *Seismic Risk and Engineering Decisions*, C. Lomnitz, E. Rosenblueth (Eds.). Elsevier Scientific Publishing company, 1976. 287-337, 425 p.

Rediseño de la Red de Distribución de Suministros a Nivel Nacional de una Empresa de Telecomunicaciones

Por. Julio A. Groscors

Ingeniero Industrial

En el presente trabajo se estudia la configuración de la red de distribución de una empresa de telecomunicaciones, analizando los problemas que ésta presenta y las nuevas necesidades existentes, para poder proceder a mejorar su funcionamiento a través de un modelo de rediseño.

Inicialmente se estudia la situación actual de la empresa, para comprender las funciones básicas. Se estudió la configuración actual de la red, y las causas y razones que llevaron a diseñarla de esta manera.

1. SITUACIÓN ACTUAL

LA RED LOGÍSTICA ACTUAL

La distribución de materiales en la empresa se realiza a través de 5 áreas logísticas, conformadas por grupos de almacenes locales dependientes de cada Almacén nodal, encargados de abastecer zonas geográficas específicas.

TRANSPORTE

La mayor parte del transporte de materiales y suministros a nivel nacional se efectúa a través de transportistas externos. Basados en los altos volúmenes y altas frecuencias de transporte, la empresa ha logrado obtener tarifas preferenciales, estandarizadas para todas las empresas transportistas. Estas tarifas se basan en dos factores: la distancia y la capacidad de carga del camión.

NUEVAS NECESIDADES DE LA EMPRESA

Posteriormente se estudiaron las nuevas necesidades de la compañía, donde se incluyeron los cambios en las demandas, el crecimiento de las zonas y la aparición de nuevos proyectos como los grandes usuarios; todo esto con el fin de determinar la necesidad de rediseñar la red actual, y establecer los parámetros principales para el rediseño.

Para poder lograr sus objetivos en cuanto a crecimiento y satisfacción de la demanda es necesario combinar dos factores que son expansión y mantenimiento. La expansión implica la colocación de nuevas líneas, la mejora e innovación de los servicios existentes, mientras que el mantenimiento debe garantizar el correcto funcionamiento de la planta instalada.

PROYECTO GRANDES USUARIOS

Los Grandes Usuarios representan alrededor del 80% de los ingresos de la compañía, por lo cual se les debe dar un trato preferencial. La estrategia de la empresa está orientada a que los Grandes Usuarios aumenten su participación en los ingresos de la compañía, posibilidad factible si hay una respuesta efectiva ante este tipo de clientes, cuyas exigencias son cada vez mayores en nuevos servicios y tecnologías. Para poder cumplir con este compromiso la empresa se vio en la necesidad de crear nuevos almacenes en los lugares en los que se encuentran concentrados estos clientes.

2. ESCOGENCIA DEL MODELO A UTILIZAR:

LA ASIGNACIÓN DE ALMACENES DENTRO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

La asignación de los recursos de almacenamiento constituye una de las decisiones clave en nuestro problema, dado que es la que define de forma sustancial la estructura costo-servicio del sistema logístico global. Se deben tomar en cuenta variables como el número, localización geográfica y tamaño de los almacenes.

Los modelos existentes de distribución física pueden clasificarse como analíticos o de simulación. Los modelos analíticos tratan de optimizar objetivos particulares como el servicio o el costo; en contraste, los modelos de simulación representan de manera matemática el sistema, pero no garantizan el alcance de la solución óptima.

PROGRAMACIÓN LINEAL:

La principal ventaja de la programación lineal radica en su flexibilidad para describir un gran número de situaciones reales.

La programación lineal es una herramienta determinística, es decir, todos los parámetros del modelo se suponen conocidos con certeza. Sin embargo, en la vida real, es raro encontrar un problema donde prevalezca una verdadera certeza en cuanto a los datos. La técnica de programación lineal compensa esta "deficiencia", proporcionando análisis sistemáticos postóptimos y paramétricos, que permiten al tomador de decisiones probar la sensibilidad de la solución óptima "estática", respecto a cambios discretos o continuos de los parámetros del modelo. Básicamente, estas técnicas adicionales agregan una dimensión dinámica a la propiedad de solución óptima de la programación lineal.

Tomando en cuenta la necesidad de la empresa de desarrollar un modelo dinámico para realizar el rediseño y las posteriores actualizaciones necesarias a la red de suministros, se procedió a desarrollar un modelo matemático computacional, que integrara las características deseadas por la empresa como son dinamismo, ambiente amigable, adaptación a la realidad y alto grado de interacción con el usuario.

Debía, de alguna manera, relacionarse al programa de programación lineal con algún lenguaje de programación que permitiera en el futuro cambiar el valor de los

parámetros de una manera sencilla y "amigable". Así, se escogió utilizar el paquete Microsoft Excel, combinando la herramienta "Solver" de programación lineal con el lenguaje "Visual Basic" de programación en macros para desarrollar la estructura del modelo.

3. MODELO MATEMÁTICO PARA EL REDISEÑO DE LA RED

DESARROLLO DEL MODELO

Una vez concebido el modelo y el tipo de estructura analítica a utilizar, se procedió a obtener la información y a darle el tratamiento necesario para traducir todas las variables reales en cifras y ecuaciones matemáticas que puedan ser utilizadas por el modelo.

La estructura lógica del modelo se creó utilizando lenguaje de macros ("Visual Basic"), para presentar los cuadros de diálogo que guiarán al usuario por las diferentes hojas de cálculo, hojas de modificaciones y hojas de reportes del modelo.

DESCRIPCIÓN DEL MODELO

El modelo para el rediseño de la red de distribución es un programa interactivo que utiliza la herramienta de la programación lineal para definir la asignación óptima de almacenes a zonas operativas, en términos de costo total mínimo.

Este permite que el usuario modifique y actualice los datos de la red de distribución que pueden afectar al mismo, utiliza esos datos, y mediante relaciones previamente incorporadas calcula la configuración de la red de distribución que generará el costo mínimo, y emite reportes y gráficos con los resultados.

DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES INCLUIDAS EN EL MODELO

Las variables requeridas en la definición del modelo son las siguientes:

Distancias:

Se creó inicialmente una matriz de distancias entre los posibles almacenes nodales y todas las capitales de estados como zonas de demanda. En la segunda etapa se tabularon en la matriz, las distancias entre los almacenes locales y los distritos correspondientes.

Costos de transporte:

Flota contratada: Para poder trabajar con nuestro modelo se hizo necesario aproximar los valores de los costos por distancia a una función matemática. Para esto se utilizó la regresión lineal.

Flota propia de la empresa: Para calcular los costos por vehículo por kilómetro, se utilizaron los datos brindados por la dirección de transporte.

Costos de almacenamiento:

Estos costos se clasificaron en fijos y variables:

Costos Fijos

Estos costos son independientes de la cantidad de material almacenado y dentro de este grupo colocamos los siguientes:

- * Costo del espacio destinado para el almacenamiento de los productos.
- * Costo del personal indirecto.
- * Costos de la depreciación de los equipos.
- * Costo de mantenimiento de las instalaciones.

Costos Variables:

Estos guardan una relación directa con la cantidad de materiales almacenados y son los siguientes:

- * Costo del personal asignado a las labores de almacenamiento.
- * Costo de las primas de seguro por el valor de las existencias y de la edificación.
- * Costo de overhead.

Capacidad de almacenamiento de los almacenes:

Para poder calcular un volumen de almacenamiento equivalente se consideró que lo mejor sería calcular la cantidad de paletas que caben en los dos tipos de estantes, y se utilizaron los siguientes conceptos:

Índice de rotación mensual

Es el cociente entre las salidas de inventario y el inventario total promedio durante el período en estudio.

Capacidad de almacenamiento mensual

La variable que interesa al modelo es la capacidad de almacenamiento mensual de cada almacén. Esta viene definida por el producto de la capacidad de almacenamiento total por el índice de rotación mensual de los materiales. Este índice de rotación considera el hecho que muchas veces, una parte del espacio de almacenamiento está ocupado con materiales de poco uso, pero que por razones logísticas deben permanecer allí.

Demandas de materiales:

Se decidió buscar una relación entre el número de líneas y el consumo de materiales, basándose en los datos históricos. Con estos se logró ajustar una relación directa mediante regresión lineal. Fue necesario calcular el coeficiente de correlación r^2 para poder verificar que la relación entre las variables era significativa.

Equivalencia entre paletas y bolívares

Una vez establecidos los consumos en bolívares de las diferentes regiones, fue necesario convertirlos en cantidades de materiales, para poder introducirlos en el modelo.

Para poder establecer el precio promedio por paleta se desarrolló un muestreo aleatorio entre el total de materiales en los almacenes. Se calculó el producto de unidades/paleta por el precio/unidad, que nos da el valor de la variable precio/paleta para cada producto. Esta es la variable a muestrear, se calculó la media muestral, que se utilizó como estimador de la media poblacional.

Como resultado de nuestro muestreo, se obtuvo una aproximación de la equivalencia entre demanda en bolívares y demanda en paletas, para los diferentes centros de responsabilidad.

Una vez establecidas las ecuaciones que relacionan el número de líneas en servicio con el consumo mensual en bolívares, y el valor en bolívares de las paletas; se unieron para obtener la ecuación que relaciona el número de líneas en una región y su consumo mensual de paletas de materiales a los almacenes.

Nivel de Servicio:

Se estableció el Nivel de Servicio, según lo utilizado por la empresa, como el cociente entre materiales solicitados y materiales despachados en el período en estudio.

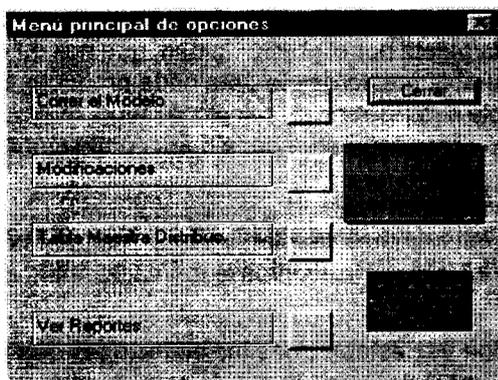
RESTRICCIONES DEL MODELO:

Para poder convertir el modelo en un problema de programación lineal, se generaron las siguientes restricciones:

- Asignaciones mayores a cero: esto evita que el programa otorgue asignaciones negativas al buscar la solución.
- Asignaciones menores a las capacidades de almacenamiento: se generaron algoritmos para simular las capacidades de almacenamiento techado y almacenamiento en patio que no debían ser sobrepasadas en la solución del sistema.
- Satisfacción de las demandas: la respuesta del sistema debía cumplir con la asignación de las demandas según el nivel de servicio especificado.

PARTES QUE COMPONEN EL MODELO

Menú principal:



Correr el modelo:

Al presionar este botón, el programa introduce todos los valores de las variables en la herramienta Solver de Microsoft Excel.

Utilizando los valores actuales de las variables involucradas, el programa procede al cálculo de la configuración de la red que genera el costo total mínimo. Una vez que se han completado los cálculos, se presentará el cuadro de diálogo que indica si se ha logrado una solución satisfactoria, y se dará la opción al usuario de generar los reportes de respuestas y de sensibilidad.

Modificaciones:

Al seleccionar esta opción, el programa presentará el menú de modificaciones, donde se presentan todas las variables que pueden ser revisadas y actualizadas por el usuario.

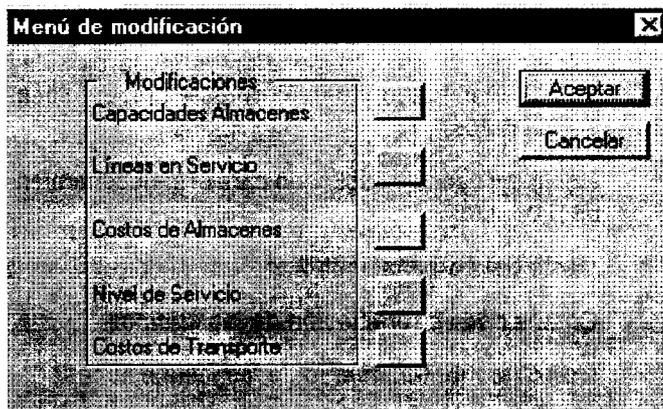
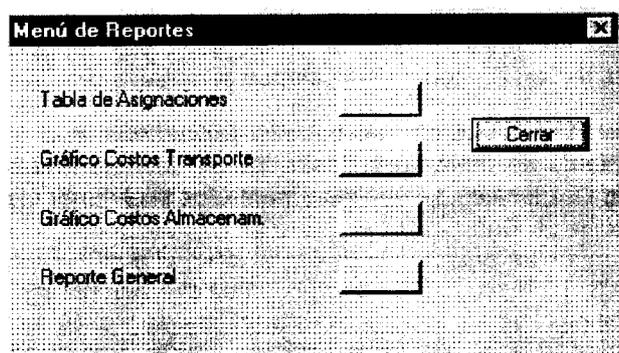


Tabla Maestra de Distribución:

La selección de esta opción, llevará al usuario a la Tabla Maestra de Distribución, donde se muestra la cantidad en paletas que debe suministrar cada almacén a cada una de las zonas de demanda en estudio. Los valores de la tabla maestra de distribución son generados automáticamente por el modelo, cuando se ejecuta la opción "Correr el modelo", sin embargo, también pueden ser modificados por el usuario.

Ver Reportes:

Esta opción ejecuta el menú de reportes del modelo, el cual permite observar los diferentes resultados y parámetros de la red de distribución. Este menú permite generar los siguientes reportes:



4. ANÁLISIS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN UTILIZANDO EL MODELO PARA EL REDISEÑO DE LA RED

La red actual se estableció básicamente tomando en cuenta la demanda de las regiones, colocando los almacenes nodales en las zonas de mayor demanda. Se procedió a revisar este criterio, utilizando la capacidad de líneas actuales en las diferentes regiones del país. Las capitales de los estados con mayores demandas se seleccionaron para ser introducidas en el modelo, como posibles almacenes nodales.

Como primera alternativa para el modelo consideramos siete posibilidades para almacenes nodales, en las siguientes ciudades: Caracas, Valencia, Maracaibo, San Cristóbal, Barquisimeto, Puerto la Cruz y Puerto Ordaz.

Para correr el modelo, se colocaron los diferentes almacenes locales como puntos de demanda, y se les asignó una demanda según el número de líneas en ser-

vicio existentes en las zonas operacionales adscritas a ellos.

Además de esto, se colocaron los almacenes propuestos de grandes usuarios como puntos de demanda, y su demanda se calculó en función del inventario mínimo establecido para los mismos.

Al obtener los resultados del modelo se procedió a su análisis para quitar un almacén de la lista de almacenes nodales. Para hacer esto se utilizó como criterio básico el considerar aquellos con menor demanda atendida. De esta manera se establecieron escenarios óptimos para redes de siete, seis, cinco, cuatro y tres almacenes nodales.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Al eliminar un almacén nodal, se eliminan los costos fijos correspondientes, y los costos variables asociados a este son absorbidos por los demás almacenes. En contraposición a esto, los costos de transporte se elevan debido a que las distancias promedio entre almacenes y las zonas del país se ven incrementadas. Esto además modifica el posible nivel de servicio que la red está en capacidad de ofrecer a sus clientes, como se observa en la tabla N°1.

Al disminuir el número de almacenes nodales, el ahorro en costos de almacenamiento es superior al incremento en costos de transporte (los números reales no se presentan en este documento); sin embargo, el nivel de eficiencia en el servicio, que es inversamente proporcional a la distancia promedio entre los almacenes y las zonas de demanda, se ve afectado negativamente.

Tabla N° 1

Resumen de Resultados de las redes

Alternativa	Nº de nodales	Costos transp.	Costos almac.	Dist. promedio	Nivel efic. promedio
A	7	100%	100%	65 Km	96%
B	6	118%	97%	86 Km	90%
C	5	123%	94%	104 Km	88%
D	4	132%	85%	119 Km	82%
E	3	154%	61%	161 Km	72%

Fuente: Modelo para el rediseño de la red

Teniendo en consideración todos estos parámetros, se descartaron los escenarios A y B (de siete y seis almacenes), debido principalmente a los elevados costos; y el escenario de tres almacenes, debido a la marcada disminución en el nivel de eficiencia en el servicio. Así, se perfilaron como alternativas posibles los escenarios C y D, los cuales se analizaron más profundamente.

Como una segunda etapa se procedió a utilizar el modelo colocando a los almacenes locales como centros de distribución y a las regiones operativas como puntos de demanda. Para esto se definieron tres zonas: Capital, Central y Oriental. Estas zonas se establecieron a partir de los volúmenes de demanda y de la cercanía entre las distintas regiones.

5. CONCLUSIONES

Después de realizar el análisis de los resultados obtenidos con el modelo para el rediseño de la red, se perfilaron las alternativas C y D como las más viables, al considerar todos los parámetros involucrados, principalmente los costos de almacenamiento, los costos de transporte y los niveles de eficiencia en el suministro de materiales.

La alternativa C es una red con cinco almacenes nodales. Es la alternativa de más fácil implantación, y sólo presenta algunas diferencias, con respecto a la red actual, en las asignaciones, además de cambios en almacenes locales.

La alternativa D, representada por la red de cuatro almacenes nodales, es la que se escogió como mejor opción, puesto que presenta ventajas sobre la alternativa C, que se pueden resumir de la siguiente manera:

Costos totales inferiores: el utilizar menos cantidad de almacenes nodales en la red logística se traduce directamente en la reducción de los costos totales de al-

macenamiento, los costos totales resultaron significativamente menores, aún considerando los costos estimados de establecer un almacén local en la ciudad de San Cristóbal para sustituir al nodal.

Los costos de transporte relacionados con el movimiento de materiales desde los almacenes nodales hasta los locales, se ven incrementados al eliminar el almacén de San Cristóbal, puesto que su demanda es asumida por el almacén de Maracaibo, el cual aumenta su distancia promedio recorrida en un elevado porcentaje; el nivel de eficiencia en el suministro para el almacén nodal Maracaibo se ve reducido, sin embargo se mantiene dentro de los niveles esperados.

Las capacidades de los almacenes nodales actuales con respecto a la demanda, justifican ampliamente la opción de eliminar el almacén nodal San Cristóbal, pues aún con la alternativa D la capacidad mensual de los almacenes es aproximadamente el doble de la demanda estimada mensual.

De manera común para las dos alternativas planteadas, se establecieron las tablas de asignaciones para cada zona logística, y se plantearon propuestas para la fase de almacenes locales, que se basaron principalmente en la eliminación de algunos almacenes locales, así como la ampliación de otros, de manera de distribuir de manera óptima la demanda de materiales según las respuestas otorgadas por el modelo.

La ventaja principal que se obtuvo al trabajar con este modelo es su capacidad para aceptar retroalimentación por parte del usuario, lo que le permite una constante actualización. Esto es de suma importancia para la empresa, porque como se analizó en la investigación, los planes de expansión han cambiado de manera importante en los últimos años, y lo único que puede considerarse con seguridad es que el futuro es incierto, es por eso esencial poseer una herramienta dinámica que pueda adaptarse a los cambios inesperados que se presenten en los próximos años.

Estimación cuantitativa del efecto de los parámetros de proceso y sus interacciones con respecto a la rugosidad de superficie y la relación de remoción de material en un proceso de lijado mecánico¹

Andrés L. Carrano²

James B. Taylor Ph.D.³

RESUMEN

El maquinado con abrasivos revestidos es uno de los procesos secundarios más comunes utilizados en la industria de productos de madera. Especialmente en la fabricación de mobiliario con contornos pronunciados, se ha constituido en una de las operaciones que requiere más tiempo y que están basadas tanto en la experiencia como en la habilidad del operario. Esto trae como consecuencia que el proceso de lijado se haya convertido en una de las operaciones más costosas en este tipo de industria. En este contexto, la automatización de este proceso se ha visto limitada por la falta de conocimiento acerca del impacto de los parámetros claves y sus interacciones en esta operación. El objetivo de este estudio es proveer la información necesaria para entender las relaciones entre los parámetros claves con respecto a dos de las respuestas características más importantes: la relación de remoción de material y la rugosidad de la superficie resultante. En este experimento, un diseño factorial completamente aleatorizado fue implementado para evaluar el impacto de diferentes combinaciones de especies de madera, minerales abrasivos, presiones de contacto, y orientaciones relativas del maquinado con respecto a la orientación del grano de la madera. Todas las combinaciones de factores y niveles fueron replicadas a través de una secuencia de tres tamaños de granos abrasivo. Los resultados muestran que el efecto principal de la presión de contacto es estadísticamente significativo para cualquier tamaño de grano abrasivo. El mineral abrasivo silicon carbide demostró rendir una mejor superficie que el óxido de aluminio en todas las especies de madera consideradas y en el nivel más áspero de tamaño de grano abrasivo. También se obtuvo que ninguna de las interacciones de dos y tres factores fueron significativas para las dos respuestas consideradas, entre otros resultados más específicos.

INTRODUCCIÓN

La manufactura de muebles y otros productos basados en madera se compone de varias etapas antes de que el producto final sea obtenido. Tradicionalmente, estos procesos son la recolección de árboles y su posterior procesamiento en aserraderos, el desecamiento de la madera en hornos, los procesos de maquinado de partes, ensamblaje, acabado del producto, y finalmente empaque. En esta cadena de manufactura, los procesos de maquinado son aquellos que ocasionan la mayor transformación en la materia prima. En consecuencia, son considerados las operaciones de valor agregado más importantes de la cadena.

En este tipo de industrias, los procesos de maquinado abrasivo son aquellos utilizados para atenuar las marcas dejadas en la superficie de la madera como consecuencia de procesos anteriores. También es uno de los procesos que determina las dimensiones finales de la pieza. En este contexto, el lijado es uno de los procesos más comunes utilizados para la preparación de superficies de madera. Su implementación en la cadena de manufactura es previa a la fase de acabado y comúnmente sigue una secuencia de lijados con tamaño de grano descendente. El cambio gradual en el tamaño de grano del abrasivo tiene el efecto de reducir las marcas y rasgaduras en la superficie a niveles casi imperceptibles a la vista, obteniéndose de este modo una superficie lisa y uniforme que es ideal para una efectiva aplicación de barnices, pinturas y recubrimientos en general. Es por ello que el lijado es considerado un proceso que determina, en gran manera, la calidad del acabado y en consecuencia la percepción de la calidad final del producto. Actualmente el proceso de lijado es ejecutado manualmente o en una máquina guiada por un operador, dependiendo del contorno de la pieza.

En el entorno actual de manufactura moderna, la implementación extensiva de computadoras, control numérico, PLCs, robots, celdas flexibles, etc. ha permitido la automatización de la mayor parte de la cadena de manufactura. Sin embargo, el proceso de lijado abrasivo ha permanecido como una isla dentro de este entorno completamente automatizado, asemejando un proceso artesanal que inevitablemente se ha convertido en un proceso crítico en dicha secuencia.

En este estudio preliminar, se intenta sentar las bases para el desarrollo de un modelo que caracterice el proceso con respecto a los parámetros más importantes y sus interrelaciones. Las respuestas observadas son la relación de remoción de material como medida de la eficiencia del proceso y la rugosidad de la superficie resultante como indicador de la calidad final. Posteriormente, este modelo servirá de base para el desarrollo del sistema de control así como de las relaciones de transformación en un proceso de lijado automatizado.

MATERIALES Y METODOS

Los factores experimentales utilizados en este estudio fueron identificados como siguen: variedad o especie de madera, presión de contacto, mineral abrasivo, tamaño de grano abrasivo, y orientación relativa de lijado con respecto a la orientación de grano en la madera. Los niveles de dichos factores fueron seleccionados en base a los valores utilizados en la industria de manufactura de muebles⁴, así como en investigaciones previas realizadas en el área de maquinado abrasivo (1, 2, 7 y 8). Siguiendo este criterio, los niveles fueron establecidos como se especifica en la siguiente tabla.

Un diseño factorial completamente aleatorizado de los factores y niveles mencionados fue utilizado para la experimentación. El efecto del factor tamaño de grano abrasivo fue estudiado bajo una secuencia de tres tamaños diferentes y descendentes, emulando así las operaciones industriales. En este procedimiento, cada una de las combinaciones de nivel entre variedades de madera, orientaciones, abrasivos y presiones ($4^1 \times 2^3 = 32$) fueron corridas secuencialmente a través de los tres tamaños de grano considerados y replicadas dos veces para un total de 192 experimentos. La relación de remoción de material y la rugosidad de superficie fueron las dos respuestas observadas en cada experimento.

Las especies de madera consideradas fueron tres angiospermas o maderas duras (cerezo, arce y roble) y una especie de gymnosperma o conífera (pino). En este experimento fueron utilizados tablones aserrados tangencialmente, con un grosor nominal de 4/4 de pulgada, y desecados al horno hasta un nivel de 8-10 por ciento de contenido de humedad. Los bordes de los tablones fueron aserrados para luego ser engomados y pegados en prensas neumáticas y así formar paneles más anchos. Posteriormente, estos paneles fueron rebajados en una cepilladora mecánica a un grosor homogéneo de 11/16 de pulgada. Especímenes experimentales de 9 pulgadas por 6.5 pulgadas fueron cortados de los paneles y acondicionados por cinco semanas en una cámara de ambiente controlado. Este período fue suficiente para que la madera alcanzara un 6 por ciento de contenido de humedad en equilibrio (EMC). La mitad de los especímenes fueron cortados tal que la orientación del grano de madera estuviese a lo largo del eje principal del espécimen

Tabla 1: Niveles de los factores experimentales

Variedad ⁵	Orientación	Abrasivo	Presión	Tamaño de Grano ⁶
Cerezo negro	Paralela al grano	Oxido de aluminio	0.50 Psi	P-100
Arce azúcar	Ortogonal al grano	Silicon Carbide	0.75 Psi.	P-150
Roble blanco				P-220
Pino blanco				

(orientación paralela), y la otra mitad tal que fuese perpendicular (orientación ortogonal).

La operación de lijado fue ejecutada en una lijadora mecánica recíprocante con un mecanismo de palanca para aplicar presión sobre la pieza. Las presiones de contacto entre los especímenes y la almohadilla de la máquina fueron alcanzadas por medio de diferentes combinaciones de contrapesos colgados de la palanca. Los valores de presión fueron monitoreados usando celdas de carga con dinamómetros piezoeléctricos. Los experimentos fueron ejecutados con la almohadilla en condición estática, es decir, sin utilizar el mecanismo recíprocante (4). Las dimensiones de las correas abrasivas empleadas fueron 330 pulgadas de largo por 6 pulgadas de ancho. El revestimiento abrasivo fue de trama cerrada sobre respaldo de papel y con agente adhesivo con base de resina. Tanto el peso como la distribución de partículas abrasivas probaron ser similares en todas las correas.

Experimentos preliminares permitieron estimar el comportamiento de las correas y los especímenes bajo condiciones experimentales. Esto hizo posible la determinación de las curvas de desgaste de las correas, la zona en dichas curvas con la menor pendiente (región óptima sobre la cual ejecutar los experimentos), así como el tiempo mínimo de maquinado necesario para remover de la superficie las marcas del proceso anterior (hasta alcanzar un perfil de superficie constante).

Las revoluciones de la máquina se mantuvieron constante en 800 rpm lo cual representa una velocidad superficial de 3300 pies por minuto. El tiempo de lijado para cada experimento se estableció en 15 segundos. De igual manera, el resto de las variables controlables tales como la tensión, alineación de la correa, y la orientación de la pieza, fueron monitoreadas y mantenidas constantes a través de toda la experimentación.

Las dos respuestas experimentales fueron medidas después de cada experimento y para cada tamaño de grano. La relación de remoción de material (en pulgadas cúbicas de madera por minuto) fue determinada por la diferencia de peso en la pieza antes y después del maquinado y la respectiva conversión de densidades asociada a la especie. Por otro lado, la rugosidad de superficie fue medida con un profilómetro de contacto⁷ con pun-

ta de diamante cónica a 90° y con un radio de 200 μ pulg. Como se muestra en la Figura 1, el indicador utilizado fue la raíz media cuadrática (rms) de las desviaciones instantáneas (Z) del perfil superficial tomadas desde la línea promedio en la sección evaluada (L).

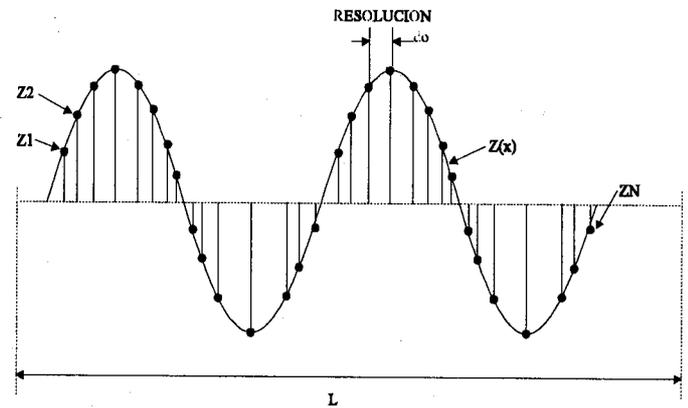


Figura 1: Cálculo de R_q

Este indicador es denotado en normas como R_q y su aproximación digital es:

$$R_q = \left[(Z_1^2 + Z_2^2 + Z_3^2 + \dots + Z_N^2) / N \right]^{1/2}$$

Un total de seis mediciones de R_q , en áreas seleccionadas aleatoriamente, fueron tomadas en cada una de las superficies lijadas y promediadas posteriormente en un solo valor característico de esa superficie. La medición de rugosidades fue ejecutada perpendicularmente a las marcas de maquinado tal como se establece en las normas ASME (9).

Un diseño factorial completamente aleatorizado fue seleccionado para evitar confusión experimental en los efectos de los factores. El análisis de las fuentes de dispersión en efectos principales e interacciones fue acometido usando análisis de varianza. En la Figura 2 se representa la matriz experimental implementada en este estudio.

ESPECIES	ORIENTACION	ABRASIVO	PRESION	GRANO	EXP #
CEREZO	PARALELA	OXIDO ALUMINIO	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	1
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	2
		SILICON CARBIDE	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	3
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	4
	ORTOGONAL	OXIDO ALUMINIO	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	5
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	6
		SILICON CARBIDE	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	7
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	8
ARCE	PARALELA	OXIDO ALUMINIO	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	9
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	10
		SILICON CARBIDE	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	11
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	12
	ORTOGONAL	OXIDO ALUMINIO	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	13
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	14
		SILICON CARBIDE	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	15
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	16
ROBLE	PARALELA	OXIDO ALUMINIO	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	17
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	18
		SILICON CARBIDE	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	19
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	20
	ORTOGONAL	OXIDO ALUMINIO	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	21
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	22
		SILICON CARBIDE	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	23
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	24
PINO	PARALELA	OXIDO ALUMINIO	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	25
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	26
		SILICON CARBIDE	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	27
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	28
	ORTOGONAL	OXIDO ALUMINIO	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	29
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	30
		SILICON CARBIDE	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	31
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	32

Figura 2: Arbol de combinaciones experimentales

Por simplicidad en el manejo de datos, los factores fueron codificados como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2: Codificación de niveles experimentales

Variedad	Código	Orientación	Código	Abrasivo	Código	Presión	Código
Cerezo negro	1	Paralela	+	Oxido de aluminio	+	0.75 Psi	+
Arce azúcar	2	Ortogonal	-	Silicon Carbide	-	0.50 Psi	-
Roble blanco	3						
Pino blanco	4						

También se denotaron los factores orientación, mineral abrasivo, y presión como A,B y C respectivamente para una fácil representación de las interacciones de dos factores (AB, AC y BC), y de tres factores (ABC).

RESULTADOS Y DISCUSION

Entre todas las combinaciones experimentales, el máximo promedio de remoción de material se obtuvo lijando pino, con una orientación perpendicular al grano de la madera, aplicando 0.75 psi de presión, y utilizando una correa abrasiva de óxido de aluminio P-100. El valor de este máximo fue de 28.08 pulg³/min (Tabla 3). Por otra parte, el mínimo valor promedio se obtuvo lijando arce, paralelamente al grano, aplicando 0.50 psi. y con una correa abrasiva de silicon carbide P-220. El valor de este mínimo fue de 1.10 pulg³/min. Las posiciones de los factores de dos niveles (orientación, abrasivo y presión) para el mínimo tomaron valores exactamente opuestos a aquellas relacionadas con el máximo.

Cierta explicación a esto es encontrada en la dureza⁸ de las variedades utilizadas: el máximo en este caso ocurre cuando se lija el material con la menor dureza, con el mayor valor de presión y usando el tamaño de grano abrasivo más grueso (P-100); mientras que el mínimo ocurre cuando se lija el material con la mayor dureza, el menor nivel de presión y usando el tamaño de grano abrasivo mas fino (P-220). La hipótesis estableciendo

que el óxido de aluminio remueve mayor cantidad de material que el silicon carbide fue rechazada durante el tratamiento estadístico de los datos.

En cuanto a la rugosidad de superficie, observaciones similares fueron obtenidas y resumidas en la Tabla 4. El máximo R_a promedio (superficie mas rugosa o de menor calidad) fue de 313 micropulgadas y se obtuvo en los siguientes niveles: pino, orientación paralela al grano, 0.75 psi., óxido de aluminio, y tamaño de grano P-100. El mínimo valor promedio de 60 micropulgadas fue obtenido en: roble, orientación perpendicular, 0.50 psi., silicon carbide, y tamaño de grano P-220. El efecto individual de la orientación de maquinado con respecto a la rugosidad de superficie no es un problema nuevo y ha sido investigado previamente. Sin embargo, diversos estudios han proporcionado diferentes resultados: Stewart et al.(7) concluye en su estudio que, para el arce azúcar, no existe diferencia en la profundidad de las marcas de maquinado abrasivo entre las orientaciones paralela y ortogonal al grano de la madera. Por otra parte, Kato y Fukui et al (3) encontraron que el lijado ortogonal a la orientación de grano proporcionaba una mejor superficie que el lijado paralelo. En nuestro estudio, la orientación mostró ser un factor estadísticamente no significativo para el lijado con abrasivos gruesos o de baja denominación (P-100). Sin embargo, mostró ser significativo para la mayoría de las variedades cuando se usaron los tamaños de granos finos. En este último nivel (P-220), el lijado paralelo produjo una mejor superficie que el lijado ortogonal.

Tabla 3: Relación de remoción de material $\left(\frac{\text{Pulg}^3}{\text{min}}\right)$

No.	Factor				Tamaño de Grano								
					P-100			P-150			P-220		
	Variedad	A	B	C	y1	y2	Ave.	y1	y2	Ave.	y1	y2	Ave.
1	1	+	+	-	3.55	3.55	3.55	3.15	3.15	3.15	1.97	2.76	2.37
2	1	+	+	+	5.52	5.52	5.52	5.12	5.12	5.12	3.94	3.94	3.94
3	1	+	-	-	2.36	1.97	2.17	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97
4	1	+	-	+	3.55	4.33	3.94	3.94	3.55	3.75	2.76	2.76	2.76
5	1	-	+	-	5.91	5.91	5.91	5.12	5.91	5.52	2.76	2.76	2.76
6	1	-	+	+	8.67	8.67	8.67	8.67	8.67	8.67	5.91	5.52	5.72
7	1	-	-	-	3.55	4.33	3.94	3.15	3.55	3.35	2.76	2.76	2.76
8	1	-	-	+	7.09	7.49	7.29	6.31	6.70	6.51	4.33	3.55	3.94
9	2	+	+	-	1.88	2.20	2.04	1.57	1.88	1.73	1.25	1.25	1.25
10	2	+	+	+	5.33	5.65	5.49	3.76	3.14	3.45	2.20	2.20	2.20
11	2	+	-	-	1.57	1.57	1.57	1.57	1.25	1.41	0.94	1.25	1.10
12	2	+	-	+	2.82	2.51	2.67	2.20	2.51	2.36	1.57	1.88	1.73
13	2	-	+	-	2.82	2.82	2.82	2.82	2.51	2.67	2.20	1.88	2.04
14	2	-	+	+	7.22	7.53	7.38	5.02	5.33	5.18	2.82	3.14	2.98
15	2	-	-	-	2.20	2.20	2.20	1.88	2.20	2.04	1.25	1.25	1.25
16	2	-	-	+	4.71	4.39	4.55	3.45	3.14	3.30	2.82	2.82	2.82
17	3	+	+	-	2.02	2.60	2.31	2.31	2.02	2.17	1.44	1.44	1.44
18	3	+	+	+	3.47	3.18	3.33	3.18	3.18	3.18	2.31	2.31	2.31
19	3	+	-	-	1.44	1.44	1.44	1.44	1.16	1.30	1.26	1.26	1.26
20	3	+	-	+	2.89	2.89	2.89	2.31	2.31	2.31	2.60	2.02	2.31
21	3	-	+	-	2.60	2.60	2.60	2.31	2.89	2.60	1.44	1.73	1.59
22	3	-	+	+	4.33	5.20	4.77	4.04	4.33	4.19	2.60	2.60	2.60
23	3	-	-	-	2.31	2.31	2.31	1.44	1.73	1.59	1.73	1.44	1.59
24	3	-	-	+	4.04	4.04	4.04	3.18	3.18	3.18	2.89	2.60	2.75
25	4	+	+	-	9.01	7.42	8.22	5.30	4.77	5.04	4.24	3.71	3.98
26	4	+	+	+	13.77	13.25	13.51	8.48	7.95	8.22	6.36	6.89	6.63
27	4	+	-	-	4.24	4.24	4.24	3.18	3.71	3.45	2.65	3.18	2.92
28	4	+	-	+	7.95	7.95	7.95	6.36	6.36	6.36	4.77	5.30	5.04
29	4	-	+	-	17.48	17.48	17.48	9.01	8.48	8.75	5.30	5.30	5.30
30	4	-	+	+	25.96	30.20	28.08	13.25	12.72	12.99	9.01	9.01	9.01
31	4	-	-	-	10.07	10.07	10.07	7.42	6.89	7.16	4.24	4.77	4.51
32	4	-	-	+	15.89	15.89	15.89	11.13	11.66	11.40	7.95	9.01	8.48

4.2 Análisis de resultados

Para las diferentes hipótesis descritas en el aparte anterior, se determinaron los valores de riesgo ($\text{Prob}[M<0]$) en un año ($t=1$ año, el valor para cualquier otro tiempo es directo por la Ec. 3). Se consideró como intervalo representativo de valores de A_0 al intervalo $[0,05g; 1,0g]$. Las vulnerabilidades se calcularon tanto por el método de Monte Carlo como por el método FORM, obteniéndose diferencias del orden de 15%. Estas diferencias son totalmente aceptables, ya que al comparar valores de riesgo sólo se consideran importantes diferencias del orden de 100%, debido a las aproximaciones involucradas. A efectos de interpretar los resultados es conveniente analizar no sólo los valores de $\text{Prob}[M<0]$, sino también el integrando de la Ec. 3:

$$\text{Prob}[M<0] \approx t \int_{a_0=0}^{a_0=\infty} \text{Prob}[M<0|A_0] \frac{d(-\lambda)}{da_0} da_0 = t \int_{a_0=0}^{a_0=\infty} \lambda_M(a_0) da_0 \quad (9)$$

La función $\lambda_M(a_0)$ indica la forma como el riesgo ($\text{Prob}[M<0]$) se distribuye entre sismos con diferentes A_0 , y permite identificar en que intervalos de A_0 es más importante la influencia de las variables involucradas. Si A_0 es muy pequeño, $\lambda_M(a_0)$ también será pequeño, ya que aunque la ocurrencia de sismos pequeños es muy probable, la vulnerabilidad es muy reducida. Asimismo, si A_0 es muy grande $\lambda_M(a_0)$ será igualmente muy pequeño, ya que aunque la vulnerabilidad es cercana a 1, la tasa de ocurrencias de sismos con A_0 muy grandes es prácticamente nula. El riesgo viene dado (con aproximación suficiente) por el área bajo la curva $\lambda_M(a_0)$.

TABLA 2. Efecto de la dist. de W y del refuerzo

	$\text{Prob}[M<0]*10^5$	$\text{Prob}[M<0]*10^5$
	W-U[115,5;771,9]	W-TI[115,5;771,9]
Caso, Ab	230,	111,
Caso, 2*Ab	42,2	16,7
Caso, 3*Ab	10,4	3,73
Efecto del amortiguamiento. Caso Ab.		
ζ , caso i	230,	111,
ζ , caso ii	227,	101,
ζ , caso iii	259,	121,

La Fig. 12 y la TABLA 2 muestran el efecto de la variabilidad en el peso de la esfera y su contenido. Debido a la amplia variación (relación lleno/vacío=6,7), el patrón de operación de la esfera juega un papel determinante. Una variación en la distribución del peso entre uniforme y triangular sesgada a la izquierda implica una disminución de $E[W]$ de un 25% (de 444t a 334t) y una disminución del riesgo en un 40%-50%, independientemente del refuerzo. La TABLA 2 indica también la sensibilidad del riesgo a los distintos modelos supuestos para el amortiguamiento. En líneas generales la sensibilidad es muy pequeña, por lo que cualquier suposición razonable, basada en los valores usualmente recomendados en la práctica es igualmente aceptable.

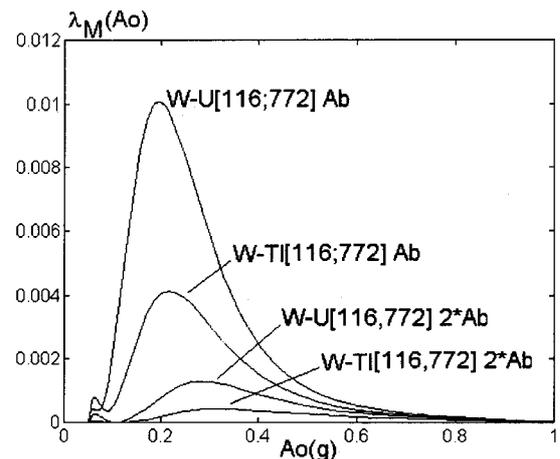
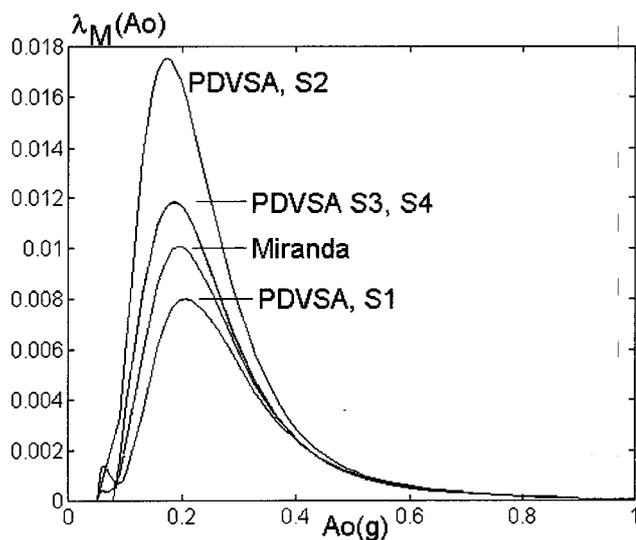


Fig. 12. Efecto de la distribución del peso.

La TABLA 3 y la Fig. 13 (para la estructura sin refuerzo) muestran la sensibilidad del riesgo a las condiciones geotécnicas locales, representadas éstas por espectros tipificados. En un caso general, esta sensibilidad depende del intervalo de valores probables para el período de vibración T . En el presente caso, se puede demostrar que el valor esperado $E[T]=0,43s$ y su desviación estándar $s[T]=0,16s$. Las diferencias en los valores de riesgo para el espectro dado por Miranda [1993a] y el S1 [PDVSA JA-221] son pequeñas. La diferencias entre éstos resultados y los obtenidos para suelo S2 varían entre un 56% mayor (estructura sin refuerzo) a un 30% mayor (estructura con refuerzo 2*Ab). Esta diferencia es comparable con la de la variación supuesta en la distribución del peso, lo que indica que para este ejemplo en particular es importante distinguir entre S1 y S2.

Tabla 3. Efecto de las C.G.L.

	Prob[M<0]*10 ⁵ (Abi)	Prob[M<0]*10 ⁵ (2*Abi)
Caso base: Miranda	230,	42,2
Caso ii: PDVSA-S1	195,	49,6
Caso iii: PDVSA-S2	358,	55,1
Caso iv: PDVSA-S3	260,	-
Caso v: PDVSA-S4	259,	-



**Fig. 13. Efecto de las C.G.L.
(estructura sin refuerzo).**

Con relación al efecto de la distribución subjetiva supuesta para la ductilidad global D, se observa en la Fig. 14 y la TABLA 4 que el sólo hecho de pasar de una distribución uniforme a una algo más pesimista (caso ii, Fig. 10) o más optimista (caso iii, Fig. 10) produce variaciones relativas del riesgo entre 33% y 55%. Considerando los casos iv) y v) que implican variaciones en el valor medio de D de un 22% aprox, el riesgo varía notablemente, desde casi la mitad hasta casi el triple. Es evidente entonces la primordial importancia de la correcta selección de los valores del factor de ductilidad para estimar los valores de riesgo, o equivalentemente, la definitiva influencia que ejerce el conocimiento del mecanismo de

colapso y de la estabilidad de la respuesta no-lineal sobre la capacidad de predecir el desempeño sismorresistente de una estructura.

TABLA 4. Efecto de la ductilidad global.

	Prob[M<0]*10 ⁵ (Abi)	Prob[M<0]*10 ⁵ (2*Abi)
Caso base: U[1,5;3,0]	230,	42,2
Caso ii: TI[1,5;3,0]	306,	64,5
Caso iii: TD[1,5;3,0]	154,	25,8
Caso iv: U[1,0;2,5]	527,	121,
Caso v: U[2,0;3,5]	116,	20,7

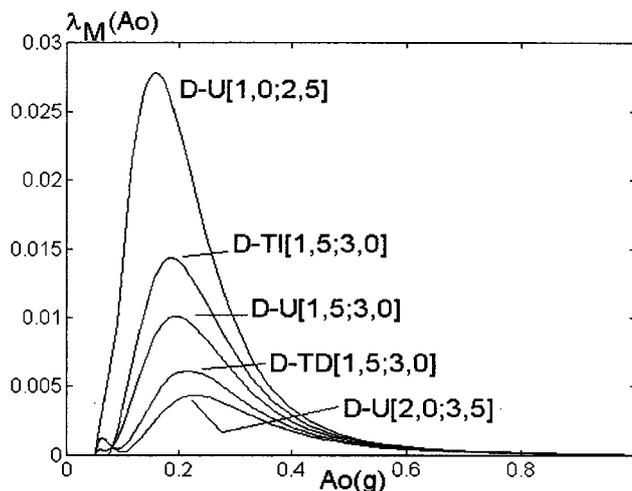


Fig. 14. Efecto de la ductilidad D.

El efecto de las variaciones supuestas en la curva de amenaza, consideradas conjuntamente con su incertidumbre, se muestran en la TABLA 5. En general el efecto de un cambio local en la amenaza depende del intervalo de valores de Ao que controlan el riesgo. Este intervalo abarca valores mayores de Ao en la medida en que se aumenta el refuerzo. En cualquier caso, se observa que aumentar la tasa de ocurrencia de sismos con Ao entre 0,2g-0,3g en un 100%, produce variaciones en el riesgo entre un 4% y un 46%, por lo que la sensibilidad es menor que en el caso de por ejemplo variaciones en el factor de ductilidad global.

Por último, se observa en la TABLA 6, que duplicar el área de las barras de arriostramiento (2*Abi) implica un aumento en un 75% de la resistencia a cargas laterales S, lo que a su vez se traduce en una disminución del riesgo a una sexta parte aproximadamente. Del mismo modo, si se triplica el área de las barras, la resistencia aumenta en un 150% y el riesgo disminuye unas 25 ve-

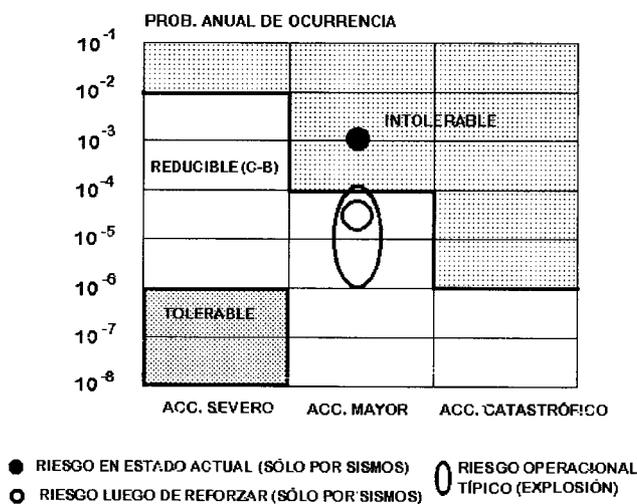
ces. El efecto es independiente de la distribución del peso, ductilidad y en general del resto de las variables claves. Es importante resaltar como una medida de refuerzo, de implementación razonablemente sencilla, disminuye los valores de riesgo en un grado mucho mayor que cualquier mejora (supuesta favorable) en la calidad de la in-

TABLA 5. Sensibilidad del riesgo a la amenaza sísmica.

	$E[\lambda(a_o)],$ COV[l(a_o)]	$q2(a_o)*d\lambda/da$ COV[l(a_o)]	$q3(a_o)*d\lambda/da,q$ COV[l(a_o)]	$4(a_o)*d\lambda/da,$ COV[l(a_o)]	$q5(a_o)*d\lambda/da_o,$ COV[l(a_o)]
Caso (Abi), W-U	231,	335,	283,	305,	178,
Caso (2*Abi), W-U	42,5	51,7	47,1	57,0	37,9
Caso (3*Abi), W-U	10,4	11,0	10,7	12,5	10,2

TABLA 6. Sensibilidad del riesgo al refuerzo de los arriostramientos

	Resistencia del sistema de arriostramientos. E[SA] (t)	Resistencia total de la estructura de soporte. E[S] (t)	Prob[M<0]*10 ⁵ W-U[115,5;771,9]	Prob[M<0]*10 ⁵ W-TI[115,5;771,9]
Caso base, Abi	160,3	214,7	230,	111,
Caso base, 2*Abi	320,7	375,0	42,2	16,7
Caso base, 3*Abi	481,0	535,4	10,4	3,73



formación relacionada con el resto de las variables que intervienen en el problema.

En la Fig. 15 se comparan (en forma aproximada) los valores de riesgo estimados para la condición sin reforzar, la condición reforzada con 3*Ab y los riesgos típicos operacionales de este tipo de recipientes [DNV, 1995] con los criterios de riesgo tolerable establecidos por el Manual de Ing. de Riesgos de PDVSA. Se observa que el nivel de riesgo en la condición sin reforzar es intolerable y mayor que el nivel de riesgo asociado a la operación (explosión por agrietamiento, degradación, etc.). Luego del refuerzo el nivel de riesgo está en la categoría de "reducible", lo que significa que puede ser aceptable, pero se recomienda un análisis costo-beneficio para determinar si se justifica invertir mayores recursos para reducir aún más el riesgo.

Fig. 15. Criterio de riesgos tolerables.

5. Conclusiones

Los métodos de evaluación probabilística de confiabilidad estructural no son un reemplazo a los procedimientos de diseño y análisis determinístico. Su utilidad estriba en que obligan a considerar las incertidumbres y limitaciones en nuestra capacidad de predecir tanto la amenaza sísmica, como el efecto de las condiciones geotécnicas locales y las características de resistencia y respuesta de la instalación en cuestión. Al considerarlas en forma explícita, es posible lograr una visión integral del problema, e identificar los aspectos más relevantes. Adicionalmente, el cálculo del riesgo sísmico permite establecer criterios de diseño que conduzcan a un nivel de seguridad comparable al asociado a la naturaleza propia de la actividad industrial. Por esta razón se recomienda incluir, en forma sistemática, la estimación del riesgo en la evaluación de instalaciones típicas y en el diseño de nuevas instalaciones cuya importancia así lo amerite.

6. Referencias

- ANG, A.; TANG, W.** *Probability Concepts in Engineering Planning and Design. Volume II. Decision, Risk and Reliability.* New York; John Wiley and Sons, 1984. 562 p.
- Det Norske Veritas (DNV).** *Base Resource Document on Risk Based Inspection.* Prepared for API Committee on Refining Equipment Risk Based Inspection Sponsors Group. Houston, 1995.
- FRANK, R.** *A statistical study of the response spectra of the 39 real earthquake records.* Internal report. MIT. 1979.
- GALAMBOS, T., RAVINDRA, M.** Properties of steel for use in LRFD. *Journal of the Structural Division.*, Vol. 104, No. ST9, Sep., 1978.
- GAJARDO, E., FRANKE, M.** Comunicación personal con el autor. 1995
- MADSEN, H.; KRENK, S.; LIND, N.** *Methods of Structural Safety.* New Jersey; Prentice-Hall, 1986. 403 p.
- MELCHERS, R.** *Structural Reliability. Analysis and Prediction.* England; Ellis Horwood Limited, 1987. 400p.
- MIRANDA, E.** Probabilistic site-dependent non-linear spectra. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 22, 1031-1046. 1993(a)
- MIRANDA, E.** Evaluation of site-dependent inelastic seismic design spectra. *Journal of Structural Engineering*, Vol. 119, No. 5, May, 1993(b)
- PARRA R., J.** *Metodología para la evaluación de la confiabilidad estructural ante acciones sísmicas. Aplicación a una plataforma lacustre.* Inf. Téc. No. INT-02635,93. INTEVEP S.A. Los Teques, 1993.
- PARRA R., J.; VANMARCKE, E.** *Seismic Structural Reliability Based on a Code Format.* Artículo en preparación para el Journal of Structural Engineering. ASCE.
- PDVSA.** Diseño Antisísmico de Instalaciones Industriales. Especificación de Ingeniería JA-221. Ago, 1991.
- PDVSA.** Manual de Ingeniería de Riesgos. Criterios para el Análisis Cuantitativo de Riesgos. PDVSA-IR-R-02. Mayo, 1993.
- VANMARCKE, E.** Seismic Safety Assessment. En *Notes of Seminar on Seismic Safety Assessment and Soil Structure Interaction.* Taipei, Taiwan; 1-86. 496 p. Dic., 9, 1983.
- VANMARCKE, E.** Structural response to Earthquakes. En *Seismic Risk and Engineering Decisions*, C. Lomnitz, E. Rosenblueth (Eds.). Elsevier Scientific Publishing company, 1976. 287-337, 425 p.

Rediseño de la Red de Distribución de Suministros a Nivel Nacional de una Empresa de Telecomunicaciones

Por. Julio A. Groscors

Ingeniero Industrial

En el presente trabajo se estudia la configuración de la red de distribución de una empresa de telecomunicaciones, analizando los problemas que ésta presenta y las nuevas necesidades existentes, para poder proceder a mejorar su funcionamiento a través de un modelo de rediseño.

Inicialmente se estudia la situación actual de la empresa, para comprender las funciones básicas. Se estudió la configuración actual de la red, y las causas y razones que llevaron a diseñarla de esta manera.

1. SITUACIÓN ACTUAL

LA RED LOGÍSTICA ACTUAL

La distribución de materiales en la empresa se realiza a través de 5 áreas logísticas, conformadas por grupos de almacenes locales dependientes de cada Almacén nodal, encargados de abastecer zonas geográficas específicas.

TRANSPORTE

La mayor parte del transporte de materiales y suministros a nivel nacional se efectúa a través de transportistas externos. Basados en los altos volúmenes y altas frecuencias de transporte, la empresa ha logrado obtener tarifas preferenciales, estandarizadas para todas las empresas transportistas. Estas tarifas se basan en dos factores: la distancia y la capacidad de carga del camión.

NUEVAS NECESIDADES DE LA EMPRESA

Posteriormente se estudiaron las nuevas necesidades de la compañía, donde se incluyeron los cambios en las demandas, el crecimiento de las zonas y la aparición de nuevos proyectos como los grandes usuarios; todo esto con el fin de determinar la necesidad de rediseñar la red actual, y establecer los parámetros principales para el rediseño.

Para poder lograr sus objetivos en cuanto a crecimiento y satisfacción de la demanda es necesario combinar dos factores que son expansión y mantenimiento. La expansión implica la colocación de nuevas líneas, la mejora e innovación de los servicios existentes, mientras que el mantenimiento debe garantizar el correcto funcionamiento de la planta instalada.

PROYECTO GRANDES USUARIOS

Los Grandes Usuarios representan alrededor del 80% de los ingresos de la compañía, por lo cual se les debe dar un trato preferencial. La estrategia de la empresa está orientada a que los Grandes Usuarios aumenten su participación en los ingresos de la compañía, posibilidad factible si hay una respuesta efectiva ante este tipo de clientes, cuyas exigencias son cada vez mayores en nuevos servicios y tecnologías. Para poder cumplir con este compromiso la empresa se vio en la necesidad de crear nuevos almacenes en los lugares en los que se encuentran concentrados estos clientes.

2. ESCOGENCIA DEL MODELO A UTILIZAR:

LA ASIGNACIÓN DE ALMACENES DENTRO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

La asignación de los recursos de almacenamiento constituye una de las decisiones clave en nuestro problema, dado que es la que define de forma sustancial la estructura costo-servicio del sistema logístico global. Se deben tomar en cuenta variables como el número, localización geográfica y tamaño de los almacenes.

Los modelos existentes de distribución física pueden clasificarse como analíticos o de simulación. Los modelos analíticos tratan de optimizar objetivos particulares como el servicio o el costo; en contraste, los modelos de simulación representan de manera matemática el sistema, pero no garantizan el alcance de la solución óptima.

PROGRAMACIÓN LINEAL:

La principal ventaja de la programación lineal radica en su flexibilidad para describir un gran número de situaciones reales.

La programación lineal es una herramienta determinística, es decir, todos los parámetros del modelo se suponen conocidos con certeza. Sin embargo, en la vida real, es raro encontrar un problema donde prevalezca una verdadera certeza en cuanto a los datos. La técnica de programación lineal compensa esta "deficiencia", proporcionando análisis sistemáticos postóptimos y paramétricos, que permiten al tomador de decisiones probar la sensibilidad de la solución óptima "estática", respecto a cambios discretos o continuos de los parámetros del modelo. Básicamente, estas técnicas adicionales agregan una dimensión dinámica a la propiedad de solución óptima de la programación lineal.

Tomando en cuenta la necesidad de la empresa de desarrollar un modelo dinámico para realizar el rediseño y las posteriores actualizaciones necesarias a la red de suministros, se procedió a desarrollar un modelo matemático computacional, que integrara las características deseadas por la empresa como son dinamismo, ambiente amigable, adaptación a la realidad y alto grado de interacción con el usuario.

Debía, de alguna manera, relacionarse al programa de programación lineal con algún lenguaje de programación que permitiera en el futuro cambiar el valor de los

parámetros de una manera sencilla y "amigable". Así, se escogió utilizar el paquete Microsoft Excel, combinando la herramienta "Solver" de programación lineal con el lenguaje "Visual Basic" de programación en macros para desarrollar la estructura del modelo.

3. MODELO MATEMÁTICO PARA EL REDISEÑO DE LA RED

DESARROLLO DEL MODELO

Una vez concebido el modelo y el tipo de estructura analítica a utilizar, se procedió a obtener la información y a darle el tratamiento necesario para traducir todas las variables reales en cifras y ecuaciones matemáticas que puedan ser utilizadas por el modelo.

La estructura lógica del modelo se creó utilizando lenguaje de macros ("Visual Basic"), para presentar los cuadros de diálogo que guiarán al usuario por las diferentes hojas de cálculo, hojas de modificaciones y hojas de reportes del modelo.

DESCRIPCIÓN DEL MODELO

El modelo para el rediseño de la red de distribución es un programa interactivo que utiliza la herramienta de la programación lineal para definir la asignación óptima de almacenes a zonas operativas, en términos de costo total mínimo.

Este permite que el usuario modifique y actualice los datos de la red de distribución que pueden afectar al mismo, utiliza esos datos, y mediante relaciones previamente incorporadas calcula la configuración de la red de distribución que generará el costo mínimo, y emite reportes y gráficos con los resultados.

DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES INCLUIDAS EN EL MODELO

Las variables requeridas en la definición del modelo son las siguientes:

Distancias:

Se creó inicialmente una matriz de distancias entre los posibles almacenes nodales y todas las capitales de estados como zonas de demanda. En la segunda etapa se tabularon en la matriz, las distancias entre los almacenes locales y los distritos correspondientes.

Costos de transporte:

Flota contratada: Para poder trabajar con nuestro modelo se hizo necesario aproximar los valores de los costos por distancia a una función matemática. Para esto se utilizó la regresión lineal.

Flota propia de la empresa: Para calcular los costos por vehículo por kilómetro, se utilizaron los datos brindados por la dirección de transporte.

Costos de almacenamiento:

Estos costos se clasificaron en fijos y variables:

Costos Fijos

Estos costos son independientes de la cantidad de material almacenado y dentro de este grupo colocamos los siguientes:

- * Costo del espacio destinado para el almacenamiento de los productos.
- * Costo del personal indirecto.
- * Costos de la depreciación de los equipos.
- * Costo de mantenimiento de las instalaciones.

Costos Variables:

Estos guardan una relación directa con la cantidad de materiales almacenados y son los siguientes:

- * Costo del personal asignado a las labores de almacenamiento.
- * Costo de las primas de seguro por el valor de las existencias y de la edificación.
- * Costo de overhead.

Capacidad de almacenamiento de los almacenes:

Para poder calcular un volumen de almacenamiento equivalente se consideró que lo mejor sería calcular la cantidad de paletas que caben en los dos tipos de estantes, y se utilizaron los siguientes conceptos:

Índice de rotación mensual

Es el cociente entre las salidas de inventario y el inventario total promedio durante el período en estudio.

Capacidad de almacenamiento mensual

La variable que interesa al modelo es la capacidad de almacenamiento mensual de cada almacén. Esta viene definida por el producto de la capacidad de almacenamiento total por el índice de rotación mensual de los materiales. Este índice de rotación considera el hecho que muchas veces, una parte del espacio de almacenamiento está ocupado con materiales de poco uso, pero que por razones logísticas deben permanecer allí.

Demandas de materiales:

Se decidió buscar una relación entre el número de líneas y el consumo de materiales, basándose en los datos históricos. Con estos se logró ajustar una relación directa mediante regresión lineal. Fue necesario calcular el coeficiente de correlación r^2 para poder verificar que la relación entre las variables era significativa.

Equivalencia entre paletas y bolívares

Una vez establecidos los consumos en bolívares de las diferentes regiones, fue necesario convertirlos en cantidades de materiales, para poder introducirlos en el modelo.

Para poder establecer el precio promedio por paleta se desarrolló un muestreo aleatorio entre el total de materiales en los almacenes. Se calculó el producto de unidades/paleta por el precio/unidad, que nos da el valor de la variable precio/paleta para cada producto. Esta es la variable a muestrear, se calculó la media muestral, que se utilizó como estimador de la media poblacional.

Como resultado de nuestro muestreo, se obtuvo una aproximación de la equivalencia entre demanda en bolívares y demanda en paletas, para los diferentes centros de responsabilidad.

Una vez establecidas las ecuaciones que relacionan el número de líneas en servicio con el consumo mensual en bolívares, y el valor en bolívares de las paletas; se unieron para obtener la ecuación que relaciona el número de líneas en una región y su consumo mensual de paletas de materiales a los almacenes.

Nivel de Servicio:

Se estableció el Nivel de Servicio, según lo utilizado por la empresa, como el cociente entre materiales solicitados y materiales despachados en el período en estudio.

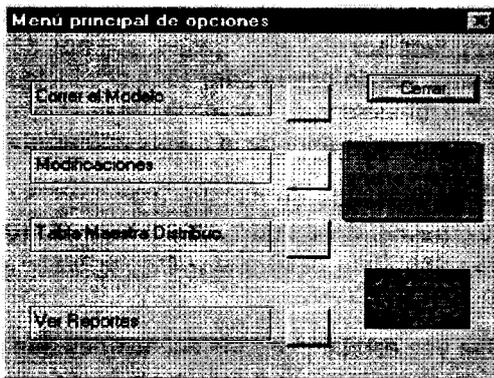
RESTRICCIONES DEL MODELO:

Para poder convertir el modelo en un problema de programación lineal, se generaron las siguientes restricciones:

- Asignaciones mayores a cero: esto evita que el programa otorgue asignaciones negativas al buscar la solución.
- Asignaciones menores a las capacidades de almacenamiento: se generaron algoritmos para simular las capacidades de almacenamiento techado y almacenamiento en patio que no debían ser sobrepasadas en la solución del sistema.
- Satisfacción de las demandas: la respuesta del sistema debía cumplir con la asignación de las demandas según el nivel de servicio especificado.

PARTES QUE COMPONEN EL MODELO

Menú principal:



Correr el modelo:

Al presionar este botón, el programa introduce todos los valores de las variables en la herramienta Solver de Microsoft Excel.

Utilizando los valores actuales de las variables involucradas, el programa procede al cálculo de la configuración de la red que genera el costo total mínimo. Una vez que se han completado los cálculos, se presentará el cuadro de diálogo que indica si se ha logrado una solución satisfactoria, y se dará la opción al usuario de generar los reportes de respuestas y de sensibilidad.

Modificaciones:

Al seleccionar esta opción, el programa presentará el menú de modificaciones, donde se presentan todas las variables que pueden ser revisadas y actualizadas por el usuario.

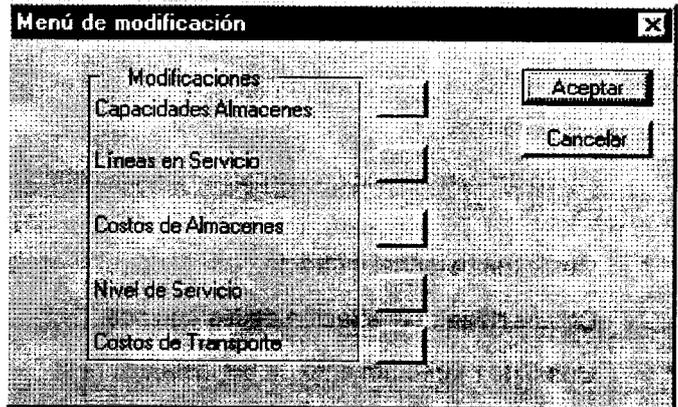
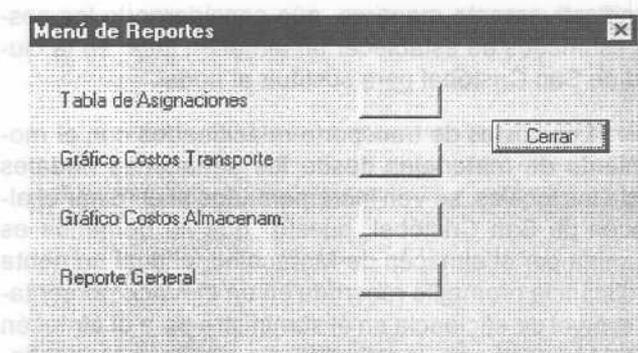


Tabla Maestra de Distribución:

La selección de esta opción, llevará al usuario a la Tabla Maestra de Distribución, donde se muestra la cantidad en paletas que debe suministrar cada almacén a cada una de las zonas de demanda en estudio. Los valores de la tabla maestra de distribución son generados automáticamente por el modelo, cuando se ejecuta la opción "Correr el modelo", sin embargo, también pueden ser modificados por el usuario.

Ver Reportes:

Esta opción ejecuta el menú de reportes del modelo, el cual permite observar los diferentes resultados y parámetros de la red de distribución. Este menú permite generar los siguientes reportes:



4. ANÁLISIS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN UTILIZANDO EL MODELO PARA EL REDISEÑO DE LA RED

La red actual se estableció básicamente tomando en cuenta la demanda de las regiones, colocando los almacenes nodales en las zonas de mayor demanda. Se procedió a revisar este criterio, utilizando la capacidad de líneas actuales en las diferentes regiones del país. Las capitales de los estados con mayores demandas se seleccionaron para ser introducidas en el modelo, como posibles almacenes nodales.

Como primera alternativa para el modelo consideramos siete posibilidades para almacenes nodales, en las siguientes ciudades: Caracas, Valencia, Maracaibo, San Cristóbal, Barquisimeto, Puerto la Cruz y Puerto Ordaz.

Para correr el modelo, se colocaron los diferentes almacenes locales como puntos de demanda, y se les asignó una demanda según el número de líneas en ser-

Tabla N° 1

Resumen de Resultados de las redes

Alternativa	N° de nodales	Costos transp.	Costos almac.	Dist. promedio	Nivel efic. promedio
A	7	100%	100%	65 Km	96%
B	6	118%	97%	86 Km	90%
C	5	123%	94%	104 Km	88%
D	4	132%	85%	119 Km	82%
E	3	154%	61%	161 Km	72%

Fuente: Modelo para el rediseño de la red

vicio existentes en las zonas operacionales adscritas a ellos.

Además de esto, se colocaron los almacenes propuestos de grandes usuarios como puntos de demanda, y su demanda se calculó en función del inventario mínimo establecido para los mismos.

Al obtener los resultados del modelo se procedió a su análisis para quitar un almacén de la lista de almacenes nodales. Para hacer esto se utilizó como criterio básico el considerar aquellos con menor demanda atendida. De esta manera se establecieron escenarios óptimos para redes de siete, seis, cinco, cuatro y tres almacenes nodales.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Al eliminar un almacén nodal, se eliminan los costos fijos correspondientes, y los costos variables asociados a este son absorbidos por los demás almacenes. En contraposición a esto, los costos de transporte se elevan debido a que las distancias promedio entre almacenes y las zonas del país se ven incrementadas. Esto además modifica el posible nivel de servicio que la red está en capacidad de ofrecer a sus clientes, como se observa en la tabla N°1.

Al disminuir el número de almacenes nodales, el ahorro en costos de almacenamiento es superior al incremento en costos de transporte (los números reales no se presentan en este documento); sin embargo, el nivel de eficiencia en el servicio, que es inversamente proporcional a la distancia promedio entre los almacenes y las zonas de demanda, se ve afectado negativamente.

Teniendo en consideración todos estos parámetros, se descartaron los escenarios A y B (de siete y seis almacenes), debido principalmente a los elevados costos; y el escenario de tres almacenes, debido a la marcada disminución en el nivel de eficiencia en el servicio. Así, se perfilaron como alternativas posibles los escenarios C y D, los cuales se analizaron más profundamente.

Como una segunda etapa se procedió a utilizar el modelo colocando a los almacenes locales como centros de distribución y a las regiones operativas como puntos de demanda. Para esto se definieron tres zonas: Capital, Central y Oriental. Estas zonas se establecieron a partir de los volúmenes de demanda y de la cercanía entre las distintas regiones.

5. CONCLUSIONES

Después de realizar el análisis de los resultados obtenidos con el modelo para el rediseño de la red, se perfilaron las alternativas C y D como las más viables, al considerar todos los parámetros involucrados, principalmente los costos de almacenamiento, los costos de transporte y los niveles de eficiencia en el suministro de materiales.

La alternativa C es una red con cinco almacenes nodales. Es la alternativa de más fácil implantación, y sólo presenta algunas diferencias, con respecto a la red actual, en las asignaciones, además de cambios en almacenes locales.

La alternativa D, representada por la red de cuatro almacenes nodales, es la que se escogió como mejor opción, puesto que presenta ventajas sobre la alternativa C, que se pueden resumir de la siguiente manera:

Costos totales inferiores: el utilizar menos cantidad de almacenes nodales en la red logística se traduce directamente en la reducción de los costos totales de al-

macenamiento, los costos totales resultaron significativamente menores, aún considerando los costos estimados de establecer un almacén local en la ciudad de San Cristóbal para sustituir al nodal.

Los costos de transporte relacionados con el movimiento de materiales desde los almacenes nodales hasta los locales, se ven incrementados al eliminar el almacén de San Cristóbal, puesto que su demanda es asumida por el almacén de Maracaibo, el cual aumenta su distancia promedio recorrida en un elevado porcentaje; el nivel de eficiencia en el suministro para el almacén nodal Maracaibo se ve reducido, sin embargo se mantiene dentro de los niveles esperados.

Las capacidades de los almacenes nodales actuales con respecto a la demanda, justifican ampliamente la opción de eliminar el almacén nodal San Cristóbal, pues aún con la alternativa D la capacidad mensual de los almacenes es aproximadamente el doble de la demanda estimada mensual.

De manera común para las dos alternativas planteadas, se establecieron las tablas de asignaciones para cada zona logística, y se plantearon propuestas para la fase de almacenes locales, que se basaron principalmente en la eliminación de algunos almacenes locales, así como la ampliación de otros, de manera de distribuir de manera óptima la demanda de materiales según las respuestas otorgadas por el modelo.

La ventaja principal que se obtuvo al trabajar con este modelo es su capacidad para aceptar retroalimentación por parte del usuario, lo que le permite una constante actualización. Esto es de suma importancia para la empresa, porque como se analizó en la investigación, los planes de expansión han cambiado de manera importante en los últimos años, y lo único que puede considerarse con seguridad es que el futuro es incierto, es por eso esencial poseer una herramienta dinámica que pueda adaptarse a los cambios inesperados que se presenten en los próximos años.

Estimación cuantitativa del efecto de los parámetros de proceso y sus interacciones con respecto a la rugosidad de superficie y la relación de remoción de material en un proceso de lijado mecánico¹

Andrés L. Carrano²

James B. Taylor Ph.D.³

RESUMEN

El maquinado con abrasivos revestidos es uno de los procesos secundarios más comunes utilizados en la industria de productos de madera. Especialmente en la fabricación de mobiliario con contornos pronunciados, se ha constituido en una de las operaciones que requiere más tiempo y que están basadas tanto en la experiencia como en la habilidad del operario. Esto trae como consecuencia que el proceso de lijado se haya convertido en una de las operaciones más costosas en este tipo de industria. En este contexto, la automatización de este proceso se ha visto limitada por la falta de conocimiento acerca del impacto de los parámetros claves y sus interacciones en esta operación. El objetivo de este estudio es proveer la información necesaria para entender las relaciones entre los parámetros claves con respecto a dos de las respuestas características más importantes: la relación de remoción de material y la rugosidad de la superficie resultante. En este experimento, un diseño factorial completamente aleatorizado fue implementado para evaluar el impacto de diferentes combinaciones de especies de madera, minerales abrasivos, presiones de contacto, y orientaciones relativas del maquinado con respecto a la orientación del grano de la madera. Todas las combinaciones de factores y niveles fueron replicadas a través de una secuencia de tres tamaños de granos abrasivo. Los resultados muestran que el efecto principal de la presión de contacto es estadísticamente significativo para cualquier tamaño de grano abrasivo. El mineral abrasivo silicon carbide demostró rendir una mejor superficie que el óxido de aluminio en todas las especies de madera consideradas y en el nivel más áspero de tamaño de grano abrasivo. También se obtuvo que ninguna de las interacciones de dos y tres factores fueron significativas para las dos respuestas consideradas, entre otros resultados más específicos.

INTRODUCCIÓN

La manufactura de muebles y otros productos basados en madera se compone de varias etapas antes de que el producto final sea obtenido. Tradicionalmente, estos procesos son la recolección de árboles y su posterior procesamiento en aserraderos, el desecamiento de la madera en hornos, los procesos de maquinado de partes, ensamblaje, acabado del producto, y finalmente empaque. En esta cadena de manufactura, los procesos de maquinado son aquellos que ocasionan la mayor transformación en la materia prima. En consecuencia, son considerados las operaciones de valor agregado más importantes de la cadena.

En este tipo de industrias, los procesos de maquinado abrasivo son aquellos utilizados para atenuar las marcas dejadas en la superficie de la madera como consecuencia de procesos anteriores. También es uno de los procesos que determina las dimensiones finales de la pieza. En este contexto, el lijado es uno de los procesos más comunes utilizados para la preparación de superficies de madera. Su implementación en la cadena de manufactura es previa a la fase de acabado y comúnmente sigue una secuencia de lijados con tamaño de grano descendente. El cambio gradual en el tamaño de grano del abrasivo tiene el efecto de reducir las marcas y rasgaduras en la superficie a niveles casi imperceptibles a la vista, obteniéndose de este modo una superficie lisa y uniforme que es ideal para una efectiva aplicación de barnices, pinturas y recubrimientos en general. Es por ello que el lijado es considerado un proceso que determina, en gran manera, la calidad del acabado y en consecuencia la percepción de la calidad final del producto. Actualmente el proceso de lijado es ejecutado manualmente o en una máquina guiada por un operador, dependiendo del contorno de la pieza.

En el entorno actual de manufactura moderna, la implementación extensiva de computadoras, control numérico, PLCs, robots, celdas flexibles, etc. ha permitido la automatización de la mayor parte de la cadena de manufactura. Sin embargo, el proceso de lijado abrasivo ha permanecido como una isla dentro de este entorno completamente automatizado, asemejando un proceso artesanal que inevitablemente se ha convertido en un proceso crítico en dicha secuencia.

En este estudio preliminar, se intenta sentar las bases para el desarrollo de un modelo que caracterice el proceso con respecto a los parámetros más importantes y sus interrelaciones. Las respuestas observadas son la relación de remoción de material como medida de la eficiencia del proceso y la rugosidad de la superficie resultante como indicador de la calidad final. Posteriormente, este modelo servirá de base para el desarrollo del sistema de control así como de las relaciones de transformación en un proceso de lijado automatizado.

MATERIALES Y METODOS

Los factores experimentales utilizados en este estudio fueron identificados como siguen: variedad o especie de madera, presión de contacto, mineral abrasivo, tamaño de grano abrasivo, y orientación relativa de lijado con respecto a la orientación de grano en la madera. Los niveles de dichos factores fueron seleccionados en base a los valores utilizados en la industria de manufactura de muebles⁴, así como en investigaciones previas realizadas en el área de maquinado abrasivo (1, 2, 7 y 8). Siguiendo este criterio, los niveles fueron establecidos como se especifica en la siguiente tabla.

Tabla 1: Niveles de los factores experimentales

Variedad ⁵	Orientación	Abrasivo	Presión	Tamaño de Grano ⁶
Cerezo negro	Paralela al grano	Oxido de aluminio	0.50 Psi	P-100
Arce azúcar	Ortogonal al grano	Silicon Carbide	0.75 Psi.	P-150
Roble blanco				P-220
Pino blanco				

Un diseño factorial completamente aleatorizado de los factores y niveles mencionados fue utilizado para la experimentación. El efecto del factor tamaño de grano abrasivo fue estudiado bajo una secuencia de tres tamaños diferentes y descendentes, emulando así las operaciones industriales. En este procedimiento, cada una de las combinaciones de nivel entre variedades de madera, orientaciones, abrasivos y presiones ($4^1 \times 2^3 = 32$) fueron corridas secuencialmente a través de los tres tamaños de grano considerados y replicadas dos veces para un total de 192 experimentos. La relación de remoción de material y la rugosidad de superficie fueron las dos respuestas observadas en cada experimento.

Las especies de madera consideradas fueron tres angiospermas o maderas duras (cerezo, arce y roble) y una especie de gymnosperma o conífera (pino). En este experimento fueron utilizados tablones aserrados tangencialmente, con un grosor nominal de 4/4 de pulgada, y desecados al horno hasta un nivel de 8-10 por ciento de contenido de humedad. Los bordes de los tablones fueron aserrados para luego ser engomados y pegados en prensas neumáticas y así formar paneles más anchos. Posteriormente, estos paneles fueron rebajados en una cepilladora mecánica a un grosor homogéneo de 11/16 de pulgada. Especímenes experimentales de 9 pulgadas por 6.5 pulgadas fueron cortados de los paneles y acondicionados por cinco semanas en una cámara de ambiente controlado. Este período fue suficiente para que la madera alcanzara un 6 por ciento de contenido de humedad en equilibrio (EMC). La mitad de los especímenes fueron cortados tal que la orientación del grano de madera estuviese a lo largo del eje principal del espécimen

(orientación paralela), y la otra mitad tal que fuese perpendicular (orientación ortogonal).

La operación de lijado fue ejecutada en una lijadora mecánica recíprocante con un mecanismo de palanca para aplicar presión sobre la pieza. Las presiones de contacto entre los especímenes y la almohadilla de la máquina fueron alcanzadas por medio de diferentes combinaciones de contrapesos colgados de la palanca. Los valores de presión fueron monitoreados usando celdas de carga con dinamómetros piezoeléctricos. Los experimentos fueron ejecutados con la almohadilla en condición estática, es decir, sin utilizar el mecanismo recíprocante (4). Las dimensiones de las correas abrasivas empleadas fueron 330 pulgadas de largo por 6 pulgadas de ancho. El revestimiento abrasivo fue de trama cerrada sobre respaldo de papel y con agente adhesivo con base de resina. Tanto el peso como la distribución de partículas abrasivas probaron ser similares en todas las correas.

Experimentos preliminares permitieron estimar el comportamiento de las correas y los especímenes bajo condiciones experimentales. Esto hizo posible la determinación de las curvas de desgaste de las correas, la zona en dichas curvas con la menor pendiente (región óptima sobre la cual ejecutar los experimentos), así como el tiempo mínimo de maquinado necesario para remover de la superficie las marcas del proceso anterior (hasta alcanzar un perfil de superficie constante).

Las revoluciones de la máquina se mantuvieron constante en 800 rpm lo cual representa una velocidad superficial de 3300 pies por minuto. El tiempo de lijado para cada experimento se estableció en 15 segundos. De igual manera, el resto de las variables controlables tales como la tensión, alineación de la correa, y la orientación de la pieza, fueron monitoreadas y mantenidas constantes a través de toda la experimentación.

Las dos respuestas experimentales fueron medidas después de cada experimento y para cada tamaño de grano. La relación de remoción de material (en pulgadas cúbicas de madera por minuto) fue determinada por la diferencia de peso en la pieza antes y después del maquinado y la respectiva conversión de densidades asociada a la especie. Por otro lado, la rugosidad de superficie fue medida con un profilómetro de contacto⁷ con pun-

ta de diamante cónica a 90° y con un radio de 200 μ pulg. Como se muestra en la Figura 1, el indicador utilizado fue la raíz media cuadrática (rms) de las desviaciones instantáneas (Z) del perfil superficial tomadas desde la línea promedio en la sección evaluada (L).

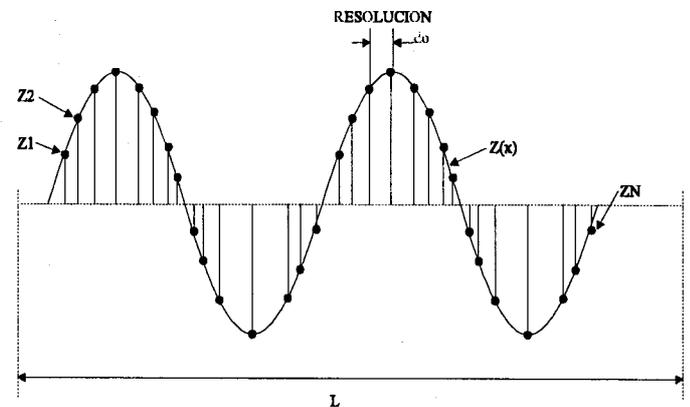


Figura 1: Cálculo de R_q

Este indicador es denotado en normas como R_q y su aproximación digital es:

$$R_q = \left[(Z_1^2 + Z_2^2 + Z_3^2 + \dots + Z_N^2) / N \right]^{1/2}$$

Un total de seis mediciones de R_q en áreas seleccionadas aleatoriamente, fueron tomadas en cada una de las superficies lijadas y promediadas posteriormente en un solo valor característico de esa superficie. La medición de rugosidades fue ejecutada perpendicularmente a las marcas de maquinado tal como se establece en las normas ASME (9).

Un diseño factorial completamente aleatorizado fue seleccionado para evitar confusión experimental en los efectos de los factores. El análisis de las fuentes de dispersión en efectos principales e interacciones fue acometido usando análisis de varianza. En la Figura 2 se representa la matriz experimental implementada en este estudio.

ESPECIES	ORIENTACION	ABRASIVO	PRESION	GRANO	EXP #
CEREZO	PARALELA	OXIDO ALUMINIO	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	1
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	2
		SILICON CARBIDE	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	3
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	4
	ORTOGONAL	OXIDO ALUMINIO	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	5
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	6
		SILICON CARBIDE	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	7
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	8
ARCE	PARALELA	OXIDO ALUMINIO	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	9
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	10
		SILICON CARBIDE	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	11
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	12
	ORTOGONAL	OXIDO ALUMINIO	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	13
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	14
		SILICON CARBIDE	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	15
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	16
ROBLE	PARALELA	OXIDO ALUMINIO	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	17
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	18
		SILICON CARBIDE	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	19
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	20
	ORTOGONAL	OXIDO ALUMINIO	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	21
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	22
		SILICON CARBIDE	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	23
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	24
PINO	PARALELA	OXIDO ALUMINIO	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	25
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	26
		SILICON CARBIDE	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	27
	PRESION 2		P-100 -- P-150 -- P-220	28	
	ORTOGONAL	OXIDO ALUMINIO	PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	29
			PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	30
SILICON CARBIDE		PRESION 1	P-100 -- P-150 -- P-220	31	
		PRESION 2	P-100 -- P-150 -- P-220	32	

Figura 2: Arbol de combinaciones experimentales

Por simplicidad en el manejo de datos, los factores fueron codificados como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2: Codificación de niveles experimentales

Variedad	Código	Orientación	Código	Abrasivo	Código	Presión	Código
Cerezo negro	1	Paralela	+	Oxido de aluminio	+	0.75 Psi	+
Arce azúcar	2	Ortogonal	-	Silicon Carbide	-	0.50 Psi	-
Roble blanco	3						
Pino blanco	4						

También se denotaron los factores orientación, mineral abrasivo, y presión como A, B y C respectivamente para una fácil representación de las interacciones de dos factores (AB, AC y BC), y de tres factores (ABC).

RESULTADOS Y DISCUSION

Entre todas las combinaciones experimentales, el máximo promedio de remoción de material se obtuvo lijando pino, con una orientación perpendicular al grano de la madera, aplicando 0.75 psi de presión, y utilizando una correa abrasiva de óxido de aluminio P-100. El valor de este máximo fue de 28.08 pulg³/min (Tabla 3). Por otra parte, el mínimo valor promedio se obtuvo lijando arce, paralelamente al grano, aplicando 0.50 psi. y con una correa abrasiva de silicon carbide P-220. El valor de este mínimo fue de 1.10 pulg³/min. Las posiciones de los factores de dos niveles (orientación, abrasivo y presión) para el mínimo tomaron valores exactamente opuestos a aquellas relacionadas con el máximo.

Cierta explicación a esto es encontrada en la dureza⁸ de las variedades utilizadas: el máximo en este caso ocurre cuando se lija el material con la menor dureza, con el mayor valor de presión y usando el tamaño de grano abrasivo más grueso (P-100); mientras que el mínimo ocurre cuando se lija el material con la mayor dureza, el menor nivel de presión y usando el tamaño de grano abrasivo más fino (P-220). La hipótesis estableciendo

que el óxido de aluminio remueve mayor cantidad de material que el silicon carbide fue rechazada durante el tratamiento estadístico de los datos.

En cuanto a la rugosidad de superficie, observaciones similares fueron obtenidas y resumidas en la Tabla 4. El máximo R_q promedio (superficie más rugosa o de menor calidad) fue de 313 micropulgadas y se obtuvo en los siguientes niveles: pino, orientación paralela al grano, 0.75 psi., óxido de aluminio, y tamaño de grano P-100. El mínimo valor promedio de 60 micropulgadas fue obtenido en: roble, orientación perpendicular, 0.50 psi., silicon carbide, y tamaño de grano P-220. El efecto individual de la orientación de maquinado con respecto a la rugosidad de superficie no es un problema nuevo y ha sido investigado previamente. Sin embargo, diversos estudios han proporcionado diferentes resultados: Stewart et al.(7) concluye en su estudio que, para el arce azúcar, no existe diferencia en la profundidad de las marcas de maquinado abrasivo entre las orientaciones paralela y ortogonal al grano de la madera. Por otra parte, Kato y Fukui et al (3) encontraron que el lijado ortogonal a la orientación de grano proporcionaba una mejor superficie que el lijado paralelo. En nuestro estudio, la orientación mostró ser un factor estadísticamente no significativo para el lijado con abrasivos gruesos o de baja denominación (P-100). Sin embargo, mostró ser significativo para la mayoría de las variedades cuando se usaron los tamaños de granos finos. En este último nivel (P-220), el lijado paralelo produjo una mejor superficie que el lijado ortogonal.

Tabla 3: Relación de remoción de material $\left(\frac{\text{Pulg}^3}{\text{min}}\right)$

No.	Factor				Tamaño de Grano								
					P-100			P-150			P-220		
	Variedad	A	B	C	y1	y2	Ave.	y1	y2	Ave.	y1	y2	Ave.
1	1	+	+	-	3.55	3.55	3.55	3.15	3.15	3.15	1.97	2.76	2.37
2	1	+	+	+	5.52	5.52	5.52	5.12	5.12	5.12	3.94	3.94	3.94
3	1	+	-	-	2.36	1.97	2.17	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97
4	1	+	-	+	3.55	4.33	3.94	3.94	3.55	3.75	2.76	2.76	2.76
5	1	-	+	-	5.91	5.91	5.91	5.12	5.91	5.52	2.76	2.76	2.76
6	1	-	+	+	8.67	8.67	8.67	8.67	8.67	8.67	5.91	5.52	5.72
7	1	-	-	-	3.55	4.33	3.94	3.15	3.55	3.35	2.76	2.76	2.76
8	1	-	-	+	7.09	7.49	7.29	6.31	6.70	6.51	4.33	3.55	3.94
9	2	+	+	-	1.88	2.20	2.04	1.57	1.88	1.73	1.25	1.25	1.25
10	2	+	+	+	5.33	5.65	5.49	3.76	3.14	3.45	2.20	2.20	2.20
11	2	+	-	-	1.57	1.57	1.57	1.57	1.25	1.41	0.94	1.25	1.10
12	2	+	-	+	2.82	2.51	2.67	2.20	2.51	2.36	1.57	1.88	1.73
13	2	-	+	-	2.82	2.82	2.82	2.82	2.51	2.67	2.20	1.88	2.04
14	2	-	+	+	7.22	7.53	7.38	5.02	5.33	5.18	2.82	3.14	2.98
15	2	-	-	-	2.20	2.20	2.20	1.88	2.20	2.04	1.25	1.25	1.25
16	2	-	-	+	4.71	4.39	4.55	3.45	3.14	3.30	2.82	2.82	2.82
17	3	+	+	-	2.02	2.60	2.31	2.31	2.02	2.17	1.44	1.44	1.44
18	3	+	+	+	3.47	3.18	3.33	3.18	3.18	3.18	2.31	2.31	2.31
19	3	+	-	-	1.44	1.44	1.44	1.44	1.16	1.30	1.26	1.26	1.26
20	3	+	-	+	2.89	2.89	2.89	2.31	2.31	2.31	2.60	2.02	2.31
21	3	-	+	-	2.60	2.60	2.60	2.31	2.89	2.60	1.44	1.73	1.59
22	3	-	+	+	4.33	5.20	4.77	4.04	4.33	4.19	2.60	2.60	2.60
23	3	-	-	-	2.31	2.31	2.31	1.44	1.73	1.59	1.73	1.44	1.59
24	3	-	-	+	4.04	4.04	4.04	3.18	3.18	3.18	2.89	2.60	2.75
25	4	+	+	-	9.01	7.42	8.22	5.30	4.77	5.04	4.24	3.71	3.98
26	4	+	+	+	13.77	13.25	13.51	8.48	7.95	8.22	6.36	6.89	6.63
27	4	+	-	-	4.24	4.24	4.24	3.18	3.71	3.45	2.65	3.18	2.92
28	4	+	-	+	7.95	7.95	7.95	6.36	6.36	6.36	4.77	5.30	5.04
29	4	-	+	-	17.48	17.48	17.48	9.01	8.48	8.75	5.30	5.30	5.30
30	4	-	+	+	25.96	30.20	28.08	13.25	12.72	12.99	9.01	9.01	9.01
31	4	-	-	-	10.07	10.07	10.07	7.42	6.89	7.16	4.24	4.77	4.51
32	4	-	-	+	15.89	15.89	15.89	11.13	11.66	11.40	7.95	9.01	8.48

Tabla 4: Rugosidad de superficie (R_q en μin)

No.	Factor				Tamaño de Grano								
					P-100			P-150			P-220		
	Variedad	A	B	C	y1	y2	Ave.	y1	y2	Ave.	y1	y2	Ave.
1	1	+	+	-	253	265	259	198	188	193	154	136	145
2	1	+	+	+	292	293	293	182	170	176	146	126	136
3	1	+	-	-	199	202	201	156	142	149	145	131	138
4	1	+	-	+	201	224	213	167	163	165	137	144	141
5	1	-	+	-	294	302	298	219	220	220	172	181	177
6	1	-	+	+	257	252	255	204	229	217	159	206	183
7	1	-	-	-	249	208	229	171	160	166	137	144	141
8	1	-	-	+	217	228	223	167	204	186	144	153	149
9	2	+	+	-	233	218	226	132	125	129	115	112	114
10	2	+	+	+	267	261	264	138	136	137	114	114	114
11	2	+	-	-	169	164	167	128	127	128	111	100	106
12	2	+	-	+	175	169	172	118	122	120	98	108	103
13	2	-	+	-	236	234	235	153	177	165	143	133	138
14	2	-	+	+	247	262	255	186	167	177	136	137	137
15	2	-	-	-	187	184	186	162	185	174	129	161	145
16	2	-	-	+	192	201	197	132	143	138	124	136	130
17	3	+	+	-	230	233	232	108	108	108	82	73	78
18	3	+	+	+	211	231	221	106	112	109	87	80	84
19	3	+	-	-	196	146	171	94	102	98	68	81	75
20	3	+	-	+	183	158	171	92	103	98	66	74	70
21	3	-	+	-	253	193	223	104	105	105	70	76	73
22	3	-	+	+	200	228	214	101	113	107	80	80	80
23	3	-	-	-	152	145	149	110	91	101	65	64	65
24	3	-	-	+	157	162	160	95	100	98	78	62	70
25	4	+	+	-	291	284	288	170	159	165	134	129	132
26	4	+	+	+	316	310	313	160	158	159	133	128	131
27	4	+	-	-	233	233	233	148	157	153	132	125	129
28	4	+	-	+	222	234	228	160	163	162	122	135	129
29	4	-	+	-	272	274	273	181	188	185	167	163	165
30	4	-	+	+	277	270	274	163	182	173	160	166	163
31	4	-	-	-	222	221	222	186	187	187	171	161	166
32	4	-	-	+	210	223	217	168	183	176	167	176	172

En la Tabla 5 se muestran los resultados de los análisis de varianza para cada factor con respecto a la relación de remoción de material. La Tabla 6 muestra los resultados con respecto a la rugosidad de superficie. En cada caso, se empleó la hipótesis nula para verificar la igualdad de medias entre los niveles altos y bajos de los efectos principales, y la igualdad de las pendientes entre los niveles altos y bajos de las interacciones.

El nivel de significación fue inicialmente establecido como $\alpha = 0.1$ (6), y aquellos efectos principales e interacciones que fueron encontrados estadísticamente relevantes a este nivel se han representado con doble asterisco (**). Un análisis de sensibilidad realizado alrededor del valor de α completa la tabla con ciertos efectos localizados en la vecindad del valor de rechazo. Estos efectos considerados relevantes a raíz del análisis de sensibilidad han sido denotados con un solo asterisco (*).

De las tablas mostradas previamente, se observa que las interacciones de dos y tres factores entre presión, abrasivo y orientación (sin importar el tamaño de grano o la variedad) son no significativas al nivel estudiado. Se pudo comprobar que los valores-p⁹ de las interacciones no estaban remotamente cerca de los niveles seleccionados. En consecuencia, la discusión que sigue se centra alrededor de los efectos principales de los factores.

Relación de remoción de material: el efecto principal del factor presión (C) mostró ser significativo para la mayoría de las variedades de madera y en todos los tamaños de grano. Como se esperaba, la cantidad de material removida en el nivel superior de presión fue mayor que en el nivel inferior de presión. Solamente la variedad de pino lijada con tamaño P-100 no presentó una diferencia significativa entre los dos niveles de presión mencionados. En esta conífera específicamente, el efecto de la

Tabla 5: Significado estadístico de los factores con respecto a la relación de remoción de material ($\alpha_{base} = 0.1$)

	P-100							P-150							P-220							
	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	
Cerezo	**		*					**		**								**				
Arce			**							**					*		**					
Roble			**						*	**							**					
Pino	**	*						**		*					*		**					

Tabla 6: Significado estadístico de los factores con respecto a la rugosidad de superficie ($\alpha_{base} = 0.1$)

	P-100							P-150							P-220							
	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	
Cerezo		**						*	**						**	*						
Arce		**						**							**							
Roble		**							**							**						
Pino		**						**							**							

presión se hizo más marcado cuando se maquinó con tamaños de grano más finos. Con respecto a la orientación de lijado (A), su efecto principal fue significativo para las variedades de cerezo y pino (excepto cerezo a P-220). La cantidad de material removida cuando el lijado se ejecutó perpendicularmente fue mayor en todo momento que aquella obtenida cuando se lijó paralelamente al grano (47% más en P-100, 38% en P-150, y 28% más en P-220). Esto puede ser explicado a través de las propiedades físicas del cerezo y del pino, las cuales son las variedades con la menor dureza y densidad promedio consideradas en este trabajo. Esto significa que son maderas menos compactas que el roble y el arce, en consecuencia, las diferencias entre volúmenes removidos por orientación en estas especies son aún mayores que en maderas con altas densidades. El efecto principal del mineral abrasivo (B) no mostró una fuerte evidencia de relevancia o tendencia de algún tipo. Consecuentemente, no fue considerado un factor importante para la relación de remoción de material al nivel estudiado.

Rugosidad de superficie: el efecto principal del factor presión (C) demostró ser irrelevante para cualquier combinación de madera y tamaño de grano cuando la respuesta observada fue la rugosidad superficial. El efecto de la orientación de lijado (A) fue irrelevante en el tamaño de grano abrasivo grueso (P-100) y demostró cobrar importancia hacia los tamaños de grano finos. Sin em-

bargo, este fenómeno no se cumple para el roble utilizado lo cual probablemente se debe a la estructura de poros abiertos que es típica de estas especies. Esta característica tiende a presentar irregularidades en ciertas regiones de la superficie más grandes que el mismo grano abrasivo y que tienden a disipar la orientación de grano en la madera. El efecto principal del mineral abrasivo presentó un comportamiento opuesto. En el nivel P-100 fue significativo para todas las especies mientras que en tamaños de grano más finos perdió importancia. En todo momento, el abrasivo silicon carbide produjo una mejor superficie que el óxido de aluminio. Los valores de rugosidad promedio (rms) para el silicon carbide fueron 31.35% mejor en P-100, 9.83% mejor en P-150, y 6.27% mejor en P-220, comparado con el óxido de aluminio.

Otro resultado importante y de gran utilidad práctica es la caracterización del proceso con respecto a el tamaño de grano abrasivo utilizado en las correas (Tabla 7 y Tabla 8). También se presenta el porcentaje de diferencia esperado en las respuestas cuando el proceso se desplaza hacia tamaños de grano más finos.

Como se puede observar en la Tabla 7, la cantidad de material removida en las gymnospermas (coníferas o maderas blandas) fue en todo momento mayor que la cantidad removida en las angiospermas (maderas duras). También se observa que esta diferencia se hace menor

Tabla 7: Relación de remoción de material promedio con respecto al tamaño de grano abrasivo ($\mu\text{m}^3/\text{min}$)

	Tamaño de grano				
	P-100	Diferencia (%)	P-150	Diferencia (%)	P-220
Angiospermas	3.89	14 %	3.36	29 %	2.39
Gymnospermas	13.18	40 %	7.92	28 %	5.73
Total	6.21	28 %	4.50	28 %	3.22

Tabla 8: Rugosidad de superficie promedio con respecto al tamaño de grano (R_q en μm)

	Tamaño de grano				
	P-100	Diferencia (%)	P-150	Diferencia (%)	P-220
Angiospermas	217	34 %	144	19 %	116
Gymnospermas	256	34 %	170	13 %	148
Total	227	34 %	151	18 %	124

cuando el proceso de lijado se desplaza hacia tamaños de grano mas finos. El cambio de P-150 a P-220 produjo aproximadamente el mismo porcentaje de cambio en ambas clasificaciones de maderas.

En la Tabla 8 se observa que las mejores superficies fueron obtenidas en el grupo de las angiospermas. El porcentaje de mejoramiento de las superficies (reducción del indicador R_q) cuando se procede de un proceso con tamaño de grano abrasivo P-100 a uno con tamaño P-150 fue exactamente el mismo para ambos grupos. Por el contrario cuando el proceso se traslada a los tamaños de grano mas finos, el porcentaje de cambio en cuanto a rugosidad en angiospermas es mayor que en gymnospermas. Este fenómeno hace que las diferencias en rugosidad superficial promedio de estos dos grupos se hagan mas notorias.

CONCLUSIONES

Los efectos de las interacciones de dos factores y tres factores entre presión de contacto, mineral abrasivo y orientación relativa del lijado fueron encontrados estadísticamente no significativos al nivel estudiado. Consecuentemente, se recomienda limitar la búsqueda de áreas de respuesta robusta a los efectos principales de los parámetros del proceso. Con respecto a la relación de remoción de material y para cualquier tamaño de grano abrasivo, la presión de contacto es el factor a controlar. Debido a que el factor mineral abrasivo mostró no ser significativo para las angiospermas (y no determinante para las gymnospermas), la selección del material abrasivo a utilizar debería basarse en otro criterio tal como la vida útil o el precio de la de la correa más que en la cantidad de material removido en el proceso. Con respecto a la rugosidad de superficie, silicon carbide produjo mejor superficie que el óxido de aluminio, especialmente en los niveles más ásperos.

Para cualquier tamaño de grano abrasivo se cumple que tanto la cantidad de material removida así como la rugosidad de superficie es mayor en las gymnospermas que en las angiospermas. La diferencia entre las cantidades de material removidas en angiospermas y gymnospermas tiende a reducir a medida que la secuencia abrasiva se traslada hacia el proceso con partículas abrasivas mas finas. Con respecto a esta respuesta, se puede concluir que a medida que se avanza hacia lijas mas finas, los proceso en ambos grupos tienden a parecerse. Por el contrario, esta brecha tiende a aumentar para los indicadores de rugosidad de superficie en ambos grupos. Se espera que, bajo condiciones similares

de maquinado, los valores de R_q en maderas pertenecientes al grupo de angiospermas sean considerablemente menores a aquellos valores de las gymnospermas.

Para fines prácticos, las representaciones de efectos principales de cada factor con respecto a cada una de las respuestas observadas pueden ser obtenidas de la data experimental. Esto puede ser de utilidad en la búsqueda de áreas robustas en el proceso o cuando se desee alcanzar algun target específico. Dos de los gráficos previamente mencionadas se presentan a continuación.

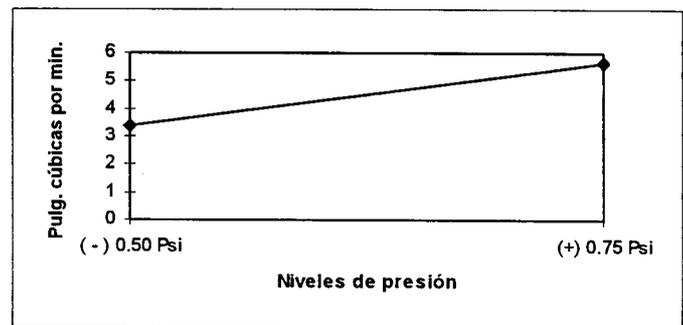


Figura 3: Efecto principal del factor presión (C) al nivel P-150 con respecto a la relación de remoción de material

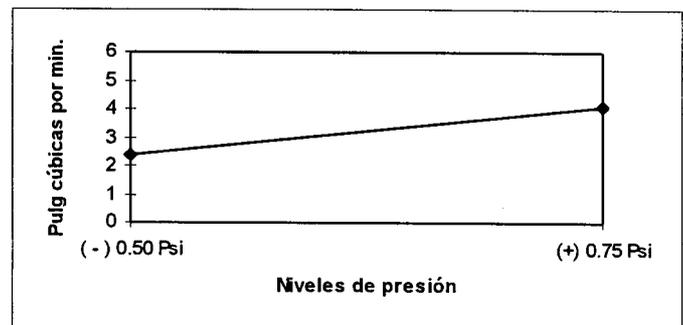


Figura 4: Efecto principal del factor presión (C) al nivel P-220 con respecto a la relación de remoción de material

INVESTIGACIONES POSTERIORES

Estudios posteriores incluirán el desarrollo de modelos matemáticos generales, tales como ecuaciones predictivas o superficies de respuesta, del proceso de lijado en maderas. También se concentrarán esfuerzos hacia la aplicación de estos resultados en aplicaciones

prácticas, tales como la búsqueda de áreas en las cuales las respuestas sean robustas y la implementación de sistemas cerrados de control en procesos de lijado con robots.

Actualmente se están desarrollando estudios enfocados a la evaluación de la superficie de madera después de un proceso de maquinado abrasivo y con diferentes tipos de instrumentos: de contacto (profilómetros) y sin contacto (rayos láser y emisiones acústicas). Esto tendrá como objetivo de desarrollar un sistema de evaluación on-line de la calidad de superficie.

NOTAS

- 1 Los autores reconocen el apoyo recibido del Furniture Manufacturing and Management Center (FMMC) y del Wood Machining and Tooling Research Program (WMTRP) en North Carolina State University.
- 2 Profesor de Ingeniería Industrial, Universidad Católica Andrés Bello
- 3 Profesor de Ingeniería Industrial, North Carolina State University, USA
- 4 Cámara de fabricantes de muebles del estado de Carolina del Norte, USA.
- 5 Específicamente black cherry (*prunus serotina ehrh*), hard maple (*sugar saccharum*), white oak (*quercus alba*), y eastern white pine (*pinus strobus*).
- 6 Sistema de clasificación de papeles abrasivos P-Europeo.
- 7 Estilógrafo de aguja.
- 8 Dureza promedio (en libras de resistencia a la indentación): cerezo 850 lb, Arce 1450 lb, roble 1360 lb, pino 380 lb.

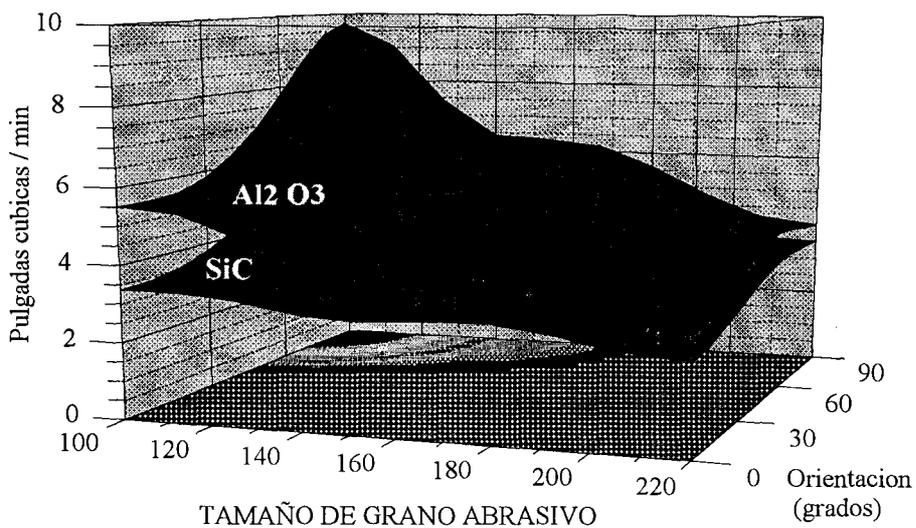
9 Nivel exacto de significación del test de hipótesis o probabilidad de cometer error del Tipo I.

REFERENCIAS

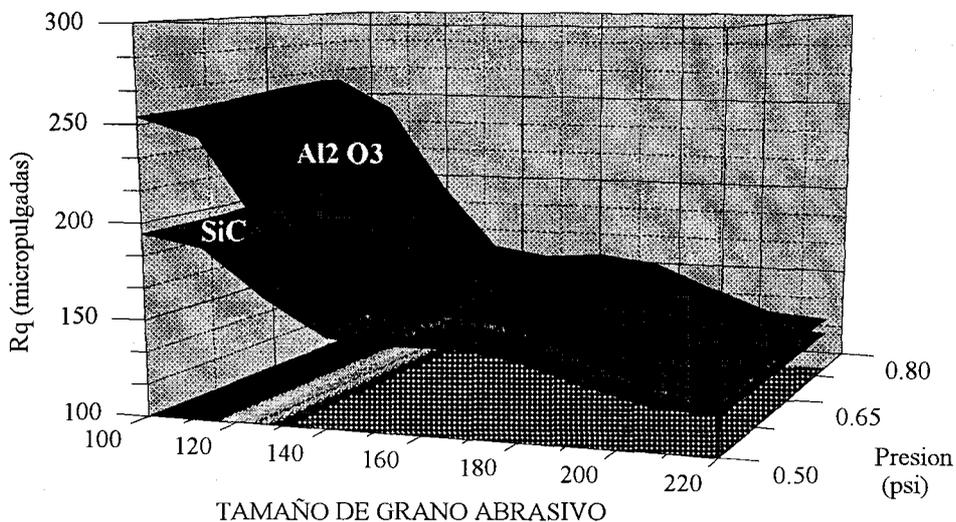
- 1 Franz, N. C. and Patronsky, L. A. 1954. *Machining Wood with Coated Abrasives*. University of Michigan Project Report #1, Project Number 2082. USA.
- 2 Hinken, E. W. 1954. *Machining Wood with Coated Abrasives*. University of Michigan Project Report#2. Project Number 2082. USA.
- 3 Kato, C. y Fukui, H. 1976. *The Cutting Force and the Stock Removal Rate of Coated Abrasives in sanding wood under constant sanding pressure*. Journal of Japanese Wood Resources Society. (22). Japón.
- 4 Keuchel, K. 1988. *Krafte und Kraftverteilung in der Kontaktzone beim Bandschleifen*. Ph.D. Dissertation. Institut fur Werkzeugmaschinen. Alemania.
- 5 Lemaster, R. L. y Dornfeld, D. A. 1993. *The use of acoustic emission to monitor an abrasive machining process*. 11th International Wood Machining Seminar. Noruega.
- 6 Schmidt, S. R. y Launsby, R. G. 1994. *Understanding Industrial Designed Experiments*. Fourth Edition. Air Academy Press. Colorado. USA
- 7 Stewart, H. A. 1976. *Abrasive Planing Across the Grain With Higher Grit Numbers Can Reduce Finish Sanding*. Forest Products Journal 26(4):49-51. USA
- 8 Stewart, H. A. 1978. *Stock Removal Rate for Aluminum Oxide and Garnet Coated Abrasive Belts*. Forest Products Journal. Vol. 28(7):29-31. USA
- 9 The Mechanical Society of Mechanical Engineers. 1995. *Surface Texture (Surface Roughness, Waviness, and Lay)*. National Standard. ASME B46.1-1995. New York, NY. USA

APENDICE

EFFECTO DE LA ORIENTACIÓN DE GRANO EN LA MADERA



OXIDO DE ALUNINIO VS. SILICON CARBIDE



Estudio comparativo de dializadores comerciales, reacciones de Hipersensibilidad

(Comparative Study of Commercial Dialyzators: Hipersensitivity Reactions)

Beatriz Soledad, Zambrano C., Pinto A, Serrano D. Laboratorios International Health,

C.A. L.I.H., Caracas, Venezuela

RESUMEN

Una gran parte de la población mundial presentan problemas de insuficiencia renal, debido a diferentes causas tales como enfermedades congénitas, diabetes, HTA, nefritis, entre otras. Esta insuficiencia renal es provocada por la progresiva pérdida de la función depuradora de los riñones, y es tratada por diálisis (Peritoneal y Hemodiálisis) y trasplante renal. Sin la terapia adecuada la mayoría de los pacientes no sobrevivirían por más de 10 a 14 días debido a la acumulación de sustancias tóxicas en su sangre y a la sobrehidratación.

El tratamiento de hemodiálisis es el más utilizado en el país y consiste en la purificación de la sangre a través de una membrana semi-permeable, para extraerle todas las sustancias tóxicas y excesos de electrolitos. El dializador es un dispositivo que permite el intercambio entre la sangre del paciente y el líquido de diálisis, y consta de un compartimiento sanguíneo, uno dializante, y la membrana de diálisis. Está constituido por diferentes fibras tales como Cuprophan, Hemophan, Polisulfona, Acetato de Celulosa, entre otros.

El presente trabajo tiene por finalidad evaluar diferentes dializadores del mercado venezolano (Idemsa 28, Idemsa 23,) (Fibra Cuprophan), Nipro 130, Nipro 110, Baxter CF25 (Acetato de Celulosa) y las posibles reacciones de hipersensibilidad que estos puedan causar a los pacientes.

El estudio fue realizado en nueve (9) unidades de diálisis en diferentes regiones del país, con un total de 108 pacientes y 432 sesiones de hemodiálisis. En cada diálisis se registró en intervalos de 30 minutos lo siguiente:

1) **Al Paciente:** Frecuencia Cardíaca, Temperatura, Tensión Arterial y la aparición de síntomas tales como: Náuseas, Vómitos, Cefálea, Escalofrío, y otros.

2) **A la Máquina:** Flujo de Bomba, Temperatura y Conductividad.

Se especificaron en una hoja de control los números de concentrado, el dializador, el nombre del paciente, la fecha, el peso seco, peso al inicio y peso al finalizar la sesión.

Se encontró que los dializadores Idemsa 23 e Idemsa 28 con fibra Cuprophan, mantienen parámetros como Temperatura (T), Frecuencia Cardíaca (FC), y Tensión Arterial (TA) más estables que los otros dializadores estudiados. Por otra parte todos los dializadores producen reacciones de hipersensibilidad, sin que se presenten variaciones significativas entre las marcas estudiadas.

Palabra Clave: Dializadores, Nefrología, Hemodiálisis

INTRODUCCIÓN

Aproximadamente 750.000 personas en el mundo presentan problemas de insuficiencia renal y esta población está creciendo a una razón de casi 10 % anual debido a diferentes causas, tales como enfermedades congénitas, diabetes, nefritis, HTA, enfermedades inmunológicas como el Lupus, entre otros. Esta insuficiencia renal es provocada por la progresiva pérdida de la función depuradora de los riñones.

La insuficiencia renal es tratada por medio de varios métodos: diálisis (Peritoneal y Hemodiálisis) y trasplante renal. Sin una terapia adecuada la mayoría de los pacientes no sobrevivirían por más de 10 a 14 días debido a la acumulación de sustancias tóxicas en su sangre y a la sobrehidratación.

El tratamiento de Hemodiálisis, es el método más utilizado en el país, y consiste en colocarle al paciente una máquina de riñón artificial para extraerle todas las sustancias tóxicas, creatinina, urea, y excesos de electrolitos y fluidos, a través de un proceso de difusión por ósmosis por una membrana semi-permeable. También controla la presión sanguínea y ayuda al organismo a mantener un balance adecuado de electrolitos tales como potasio, sodio y cloruro. Durante este tratamiento un flujo sanguíneo constante a un lado de la membrana y

una solución limpiadora de dializado al otro, permite la retirada de los productos de desecho en forma algo similar a la de la filtración glomerular. Alterando la composición del concentrado, frecuencia y tiempo de las diálisis y las características intrínsecas al equipo de hemodiálisis, se puede mantener a los pacientes con insuficiencia renal en un estado relativamente estable y libre de sintomatología urémica. (1,6,10, 11,18)

Existen efectos colaterales que pueden ser causados por rápidos cambios en el fluido del cuerpo y al balance químico durante el tratamiento. Los calambres musculares y la hipotensión son dos efectos colaterales comunes. Muchos de estos efectos pueden evitarse siguiendo una dieta adecuada y tomando medicamentos específicos.

La hemodiálisis y la diálisis peritoneal son tratamientos que tratan de reemplazar a los riñones y ayudan al paciente a sentirse mejor y a una vida más larga, pero no curan a una enfermedad en etapa terminal (ESRD).

Estos pacientes pueden vivir durante más tiempo pero con problemas tales como enfermedades de los huesos, alta presión de la sangre, daños a los nervios, y anemia. (1,6,7).

A.-Estructura de un dializador

El dializador es un dispositivo que permite el intercambio entre la sangre del paciente y el líquido de diálisis.

Sus partes son:

- * *Compartimiento sanguíneo o hemático*, por el cual circula la sangre del paciente
- * *Compartimiento dializante*, por el que circula el líquido de diálisis, en contracorriente con la sangre.
- * *Membrana de diálisis*, separa y comunica los dos compartimientos antes citados

Características básicas de un dializador

Las características básicas de un dializador son las siguientes:

- * Transferencia de Masas
- * Difusión
- * Ultrafiltración

TIPOS DE MEMBRANAS DE LOS DIALIZADORES

Existen distintos tipos de membranas :

1. Convencional de celulosa (*cuprophan*: membrana original para hemodiálisis, utilizada desde los comienzos de la década de los 60, *hemophan*: cuya membrana de celulosa fué modificada introduciendo un grupo cargado positivamente (DEAE) para mejorar la permeabilidad y la hemocompatibilidad de la membrana, *Celulosa modificada sintéticamente (SMC)* el cual fué desarrollado usando el concepto "balance hidrofílico/hidrofóbico" para optimizar la hemocompatibilidad ¹, *celulosa saponificada*, *celulosa regenerada*, *rayon*, *cuproamónio*, etc.)
2. Acetato de celulosa, diacetato de celulosa, triacetato de celulosa.
3. Sin celulosa: sintéticos (*polisulfonas*: las cuales han sido utilizadas desde hace un poco más de 10 años y tienen características de alta permeabilidad y biocompatibilidad ², poliacrinitrilo, polimetilmetracrilato, policarbonato y poliamida).

Las membranas celulósicas poseen un bajo potencial trombogénico debido a que provocan una escasa actividad del sistema de coagulación y de la adhesión plaquetaria. Sin embargo causan una alta actividad de activación del complemento, lo que influye negativamente sobre la biocompatibilidad.

Las membranas hidrofóbicas (la mayoría de las membranas sintéticas lo son) provocan una baja generación del complemento, debido fundamentalmente a su alta capacidad de absorción. Sin embargo presentan una alta trombogenicidad como consecuencia de la importante activación y adhesión plaquetaria que originan.

Las membranas de celulosa sintética modificada, presentan excelentes propiedades en la extracción de solutos de bajo peso molecular, al igual que excelentes aclaramientos "in vivo" de fosfatos, considerablemente más elevados que los que presentan otras membranas de bajo flujo con los mismos valores de eliminación de urea y creatinina. La formación de depósitos proteicos sobre la membrana que contribuye al descenso de la permeabilidad a lo largo de la diálisis, no ocurre en las membranas de celulosa sintética modificada. Gracias a esta peculiar característica, ésta presenta una excelente estabilidad de los aclaramientos durante toda su sesión dialítica. En estas membranas (SMC), la leucopenia intradialítica es significativamente inferior a la observada

con otras celulosas modificadas (como el acetato y el diacetato de celulosa). El complejo trombina-antitrombina III (TAT), marcador de la activación del sistema de la coagulación producida por la interacción sangre-membrana, muestra un comportamiento adecuado, al igual que otras membranas de baja permeabilidad. Los estudios "in vivo" de los niveles plasmáticos de C3a durante la diálisis, revelan una significativa menor activación del sistema de complemento por el SMC en comparación a los acetatos de celulosa, debido a una interacción sangre-membrana más biocompatible. El estudio de la producción de TNF ("tumor necrosis factor") por los monocitos durante la diálisis con SMC, revela valores inferiores de detectabilidad del ensayos.

Existen también membranas Bioflux, las cuales están compuestas de celulosa regenerada con una alta concentración de glicerina, formando una membrana semipermeable altamente eficiente, caracterizada por alta permeabilidad. Esta es una membrana que mejora la condición general de los pacientes que tienen problemas de hipersensibilidad.

ESTUDIOS RELACIONADOS

Existen numerosos estudios para evaluar los efectos de las diferentes membranas sobre los pacientes, entre ellos podemos destacar los siguientes:

Locatelli F y Colaboradores, estudiaron 71 unidades de diálisis y 380 pacientes y compararon membranas de polisulfona de alto flujo y de bajo flujo con membranas de cuprophan en términos de tolerancia al tratamiento, parámetros nutricionales y niveles de beta 2 microglobulina durante un período de 24 meses. No encontraron diferencia estadística entre las membranas de polisulfona (alto y bajo flujo) con las de cuprophan ni en la tolerancia al tratamiento ni en los parámetros nutricionales. La beta 2 microglobulina fue significativamente menor (25 %) en pacientes con polisulfona de alto flujo que en aquellos pacientes dializados con polisulfona de bajo flujo o cuprophan.

Gastaldello K y Colaboradores evaluaron pacientes asignados al azar (después de la estratificación por severidad por Apache II) a membranas de diacetato de celulosa, polisulfona (no alto flujo) o polisulfona (alto flujo) y no encontraron diferencias en la sobrevivencia (37% a 51%) o en días (cerca de 9) para la recuperación renal en la unidad de cuidados intensivos. No encontró diferencias demográficas o en severidad entre los tres grupos.

Los autores argumentaron por la "efectividad del costo" para la membrana menos cara.

Assovad y Colaboradores estudiaron 51 pacientes al azar para tanto polimetilmetacrilato como acetato de celulosa. No encontraron diferencias en la razón de recuperación, transición a ESRD, muerte (36 % y 42 %), conversión a oligouria, o el número de días requiriendo soporte de diálisis (11, 13) entre los dos grupos.

En un estudio efectuado por Krazlin y Colaboradores se evaluaron tres tipos de membranas de diálisis en ratas con falla renal aguda; al evaluar minidializadores de cuprophan, AN69 o hemophan, no encontraron diferencias en la razón de recuperación renal en las ratas dializadas y la membrana usada no hizo diferencia.

De Sanctis LB y Colaboradores estudiaron el efecto de distintas membranas de diálisis sobre la función de las plaquetas, en un grupo de 5 pacientes RDT con una evaluación comparativa de tres membranas de diálisis: Cuprophan (CU), Polisulfona (PS) y Triacetato de celulosa (CT). Cada paciente fue sometido a cinco sesiones de hemodiálisis consecutivas. La activación intradialítica plaquetaria fue estudiada a través de una evaluación morfofuncional entre el volumen medio plaquetario (MPV) y serotonina (S), beta-tromboglobulina (beta-TG) y factor plaquetario 4 (PF4) en los niveles de suero. Las determinaciones fueron hechas a 0' y después de 30', 120' y 240'. También chequearon el estado intradialítico de trombogénesis y fibrinólisis determinado a PTT, tiempo de trombina, fibrinógeno, antitrombina III (ATIII), alfa-2-antiplasmina y plasminógeno, a los mismos intervalos de tiempo. Todas las membranas probadas (CU, PS, CT) causaron apreciable activación plaquetaria intradialítica, sobretodo después de 15 minutos de diálisis y al final de las sesiones, más marcado para CU que para PS o CT. En particular MPV mostró un decrecimiento a través de la sesión (-5% a 30 min y -9 % a 240 min), mientras los niveles de S, betaTG y PF4 en la sangre periférica mostró un incremento significativo en los mismos intervalos con la membrana CU. Los parámetros coagulativos y fibrinolíticos no mostraron diferencias entre cualquiera de las membranas estudiadas.

Zukowska-Szczehwska E y Colaboradores, estudiaron el efecto de la hemodiálisis con uso frecuente de membranas de cuprophan y polisulfona sobre la activación del complemento en pacientes con falla renal crónica, ya que durante la hemodiálisis las proteínas del plasma tienen contacto con las membranas de diálisis y la activación del complemento es uno de los efectos de ese contacto. La intensidad de esa activación depende de la

estructura del material del que está fabricada la membrana y ésto es un determinante de la hemocompatibilidad de la membrana de diálisis. Realizaron medidas de la concentración del factor C3c en el suero de los pacientes hemodializados y se compararon los cambios de la concentración durante el primero y el segundo uso de membranas de diálisis de cuprophan y polisulfona. Se estudiaron dializadores Polisulfona F5 y Cuprophan C121 con una solución de acetato para la diálisis, y se midió la concentración de C3c en el suero en 10 pacientes dializados 3 veces a la semana por 4 horas cada 15', 60', y 240' de hemodiálisis y en 10 sujetos saludables. Las medidas fueron realizadas sobre el primero y el segundo uso (después de la reutilización) de las membranas de polisulfona y cuprophan respectivamente. Se encontró un incremento en el nivel C3c en el suero de los pacientes estudiados a los 15' del primer uso con las membranas de Cuprophan, bajando de manera estadísticamente significativo en el minuto 60 de la hemodiálisis.

En este trabajo, se estudiarán las posibles reacciones fisiológicas presentadas por los pacientes, al ser dializados bajo distintos tipos de membranas (cuprophan, acetato de celulosa) y con concentrado de Acetato de sodio con glucosa (12,13,14,15) con las siguientes concentraciones:

TABLA N° 1

CONCENTRACIONES DE ELECTROLITOS Y NO ELECTROLITOS EN EL CONCENTRADO

ELECTROLITO	CONCENTRACION
SODIO	140.00 mEq/L
POTASIO	2.00 mEq/L
CALCIO	3.00 mEq/L
MAGNESIO	1.50 mEq/L
ACETATOS	38.5 mEq/L
CLORUROS	108.00mEq/L
GLUCOSA	200.00 mg %i

B.- Método doble ciego

El método utilizado fué el doble ciego, con el cual el investigador puede eliminar factores emocionales en los experimentos ya que ni el paciente ni la enfermera o médico conoce el origen de la muestra a estudiar.

De este modo se obtienen resultados confiables inherentes sólo a las características intrínsecas de la sustancia bajo estudio, comparándola con una muestra patrón.

PARTE EXPERIMENTAL

En este capítulo se presentan los siguientes aspectos en cuanto al procedimiento experimental:

A.- PROTOCOLO PARA CONCENTRADO QUIMICO DE HEMODIALISIS

B.- MATERIALES Y METODOS

C.- PROCESO DE TOMA DE MUESTRA

D.- RECOLECCION DE DATOS

A.- PROTOCOLO PARA CONCENTRADO QUIMICO DE HEMODIALISIS

En este protocolo se especifican los siguientes parámetros:

1.- Número de centros : 09

CENTROS

Caracas:

- Centro Médico Docente la Trinidad
- Domingo Luciani
- Perez Carreño

Mérida :

- Hospital Universitario ULA

Zulia :

- Hospital Universitario LUZ

Jefe de la Unidad:

- Dr. Cesar Prú
- Dr. Ildemaro León
- Dr. Jorge Domínguez

Dr. Bernardo Fargier

Dr. Bernardo Rodríguez I.
Dr. Carlos Enriquez

Ciudad Bolívar:

- Unidad de Hemodiálisis Hemotil

Dr. Carlos Tilac

Edo. Portuguesa:

- Seneca
- Hospital Central Acarigua

Dr. Atilio Fernandez

Edo. Carabobo:

- Hospital Central Valencia

Dr. García Zozaya

Edo. Aragua :

- Hospital Central Maracay

Dr. Francisco Agüero

2.- Número de pacientes por centro : 12

Total 108 pacientes.

3.- Duración del estudio : 2 semanas continuas.

4.- Número de diálisis por pacientes : 4

Total: 432 sesiones

5.- Cantidad de galones que se requieren para el estudio:

96 por Unidad.

6.- Criterios de inclusión:

"Solo se incluirán pacientes estables en hemodiálisis crónica, con fistula arteriovenosa en buenas condiciones, de cualquier edad, y de uno u otro sexo, no diabéticos".

B.- MATERIALES Y MÉTODOS

El método utilizado en este estudio fue el Doble Ciego, utilizando dos marcas de concentrado (Dialmedical, Miami, Florida - USA y Laboratorios International Health L.I.H., C.A., Mariches, Edo. Miranda - Venezuela), cabe destacar que ambos concentrados tienen sus Certificados de Análisis Físico-Químico, Microbiológicos y Endotoxinas por el Método (LAL). En Venezuela son realizados en el Centro de Investigaciones Farmacéuticas y Alimentarias (CEIFA) y por el Laboratorio de Control de Calidad de Laboratorios International Health. Ambos concentrados poseen exactamente la misma fórmula cuali-cuantitativa.

C.-PROCESO DE TOMA DE MUESTRA:

El proceso de toma de muestra se realizó de la siguiente manera:

Se tomó 15 cc del líquido de baño del dializado con la máquina stand-by (antes de cada diálisis), dicha muestra se colocó en un urolab, se cerró y se selló herméticamente con banda adhesiva y se almacenó en refrigeración entre 4° C y 7° C, hasta su análisis en el Laboratorio Clínico, para determinar electrolitos.

En cada paciente por diálisis se realizaron controles cada 30 minutos en cuanto a:

Hora, Frecuencia Cardíaca, Temperatura del paciente y de la máquina, Tensión Arterial, Flujo de Bomba, Conductividad de la máquina.

Los síntomas controlados fueron:

Náuseas, Vómitos, Cefalea, Escalofríos y otros síntomas.

Se especificaron los números de concentrado, el dializador, el nombre del paciente y la fecha. (Formato anexo).

D.- RECOLECCIÓN DE DATOS

1.- Los datos fueron recopilados por paciente y por sesión de diálisis, a un intervalo de tiempo de 30 minutos, se mantuvieron constantes los equipos de medición (termómetros y tensiómetros).

Datos recuperados (según N° 10):

N° de Concentrado
Tipo de Dializador
Signos:

Tensión Arterial del paciente
Temperatura del paciente
Peso de Ingreso y Peso Seco

Síntomas:

Presencia de Náuseas, Vómitos, Cefalea, Escalofríos y otros.

Equipo:

Temperatura de la máquina, Flujo de Bomba y Conductividad

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la presente síntesis se tomaron los datos de los siguientes parámetros:

- * Temperatura del paciente
- * Tensión arterial
- * Frecuencia cardíaca
- * Pesos de ingreso, egreso y seco.
- * Temperatura, conductividad y flujo de la bomba de la Máquina.
- * Reacciones de Hipersensibilidad
- * Sintomatología

De un total de 432 sesiones de Hemodiálisis en las cuales se usó igual número de dializadores, de distintos fabricantes y con características diversas se encontró lo siguiente (ver Tabla N° 1A):

Se establecieron tres grandes grupos de Dializadores ya que estos son los que poseen mayor número de datos experimentales:

TABLA 1A
TIPOS DE DIALIZADORES COMERCIALES UTILIZADOS
EN EL ESTUDIO

Marca de Dializador	MODELO	Cantidad utilizada (Nº de diálisis)
IDEMSA (CUPROPHAN)	28	109
IDEMSA (CUPROPHAN)	25	16
IDEMSA (CUPROPHAN)	23	36
IDEMSA (CUPROPHAN)	30	03
IDEMSA (CUPROPHAN)	15	01
IDEMSA (Bioflux) (Middle Flux)	100	02
BAXTER	CF25	66
NIPRO	FB 130T	130
NIPRO	FB 110T	23
NIPRO	150T	12
NIPRO	120T	1
FOCUS	120H	10
FOCUS	160	05
ALTHIN	160	01
FRESENIUS (Polisulfona)		02
MO12A		02
MO15		03
NEFRO		04

Se establecieron tres grandes grupos de Dializadores ya que estos son los que poseen mayor número de datos experimentales:

IDEMSA (# 28, # 23) Cuprophan (16)

BAXTER (CF 25) Acetato de Celulosa (18)

NIPRO (FB 130T, FB 110T) Acetato de Celulosa

En estos grupos de dializadores se estudiaron los siguientes parámetros:

a) Tensión Arterial

b) Frecuencia Cardíaca

c) Temperatura

d) Reacciones de Hipersensibilidad

Se calculó el promedio de los valores obtenidos en las distintas sesiones de hemodiálisis estudiadas así como su desviación estandar, para cada uno de los parámetros anteriores.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

a) Tensión Arterial

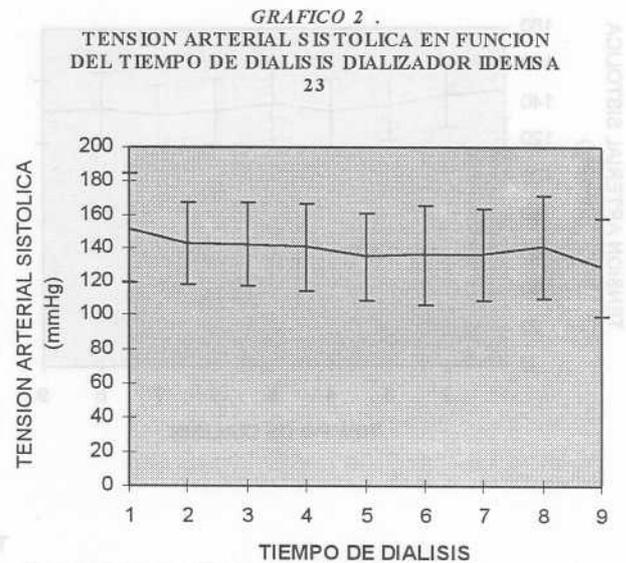
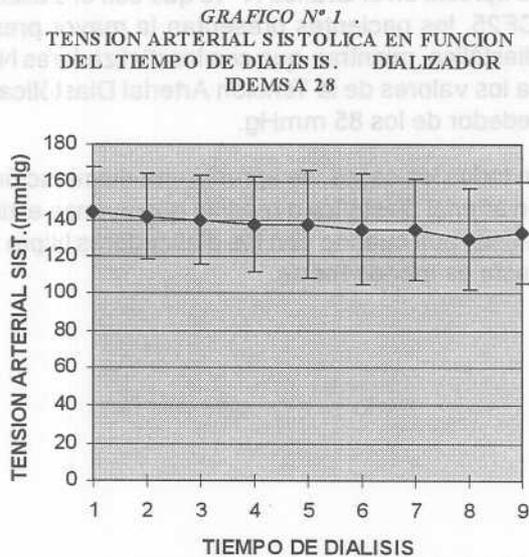
a.1.- Tensión Arterial Sistólica

En la Tabla N° 2 se presenta la tensión arterial sistólica en función del tiempo de diálisis.

Se puede observar que con el dializador Idemsa 28 (cuprophan) se presenta una menor tensión arterial en el paciente que con los otros dializadores, teniendo los pacientes dializados con el Baxter CF25 (Acetato de celulosa) la mayor tensión (Gráfico N° 1).

TABLA N° 2
TENSION ARTERIAL SISTOLICA EN FUNCION DEL TIEMPO DE DIALISIS

DIALIZADOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9
IDEMSA 28	143,68	141,15	139,79	136,9	137,03	134,60	134,50	129,40	132,90
IDEMSA 23	151,86	142,90	142,56	141,1	135,17	136,20	136,60	141,00	128,90
NIPRO 130	151,98	146,36	141,90	143,00	141,50	140,20	135,50	135,60	139,20
NIPRO110	147,04	143,77	139,26	135,40	139,91	136,10	134,00	137,50	135,80
BAXTER CF25	178,71	176,53	167,79	166,60	161,92	158,80	153,30	161,30	152,40



DIALIZADOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9
IDEMSA 28	143,68	141,15	139,79	136,9	137,03	134,60	134,50	129,40	132,90
IDEMSA 23	151,86	142,90	142,56	141,1	135,17	136,20	136,60	141,00	128,90
NIPRO 130	151,98	146,36	141,90	143,00	141,50	140,20	135,50	135,60	139,20
NIPRO110	147,04	143,77	139,26	135,40	139,91	136,10	134,00	137,50	135,80
BAXTER CF25	178,71	176,53	167,79	166,60	161,92	158,80	153,30	161,30	152,40

GRAFICO 3 .
TENSION ARTERIAL SISTOLICA EN FUNCION DEL TIEMPO DIALISIS DIALIZADOR NIPRO 130

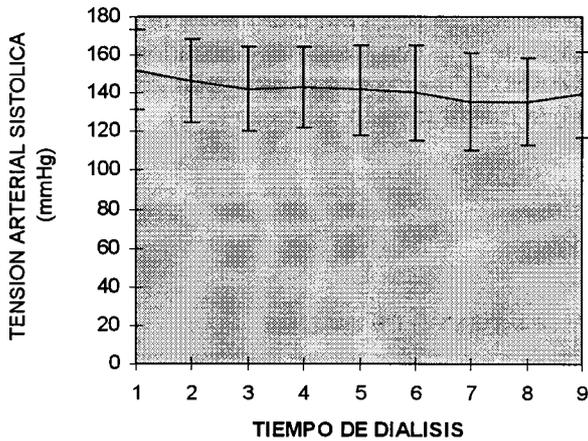


GRAFICO 4 .
TENSION ARTERIAL SISTOLICA EN FUNCION DEL TIEMPO DE DIALISIS DIALIZADOR NIPRO 110.

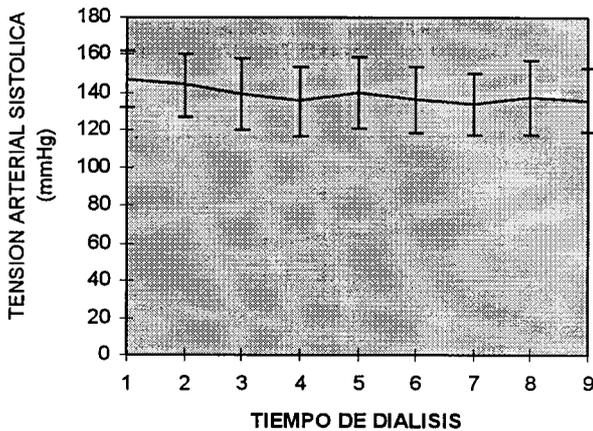
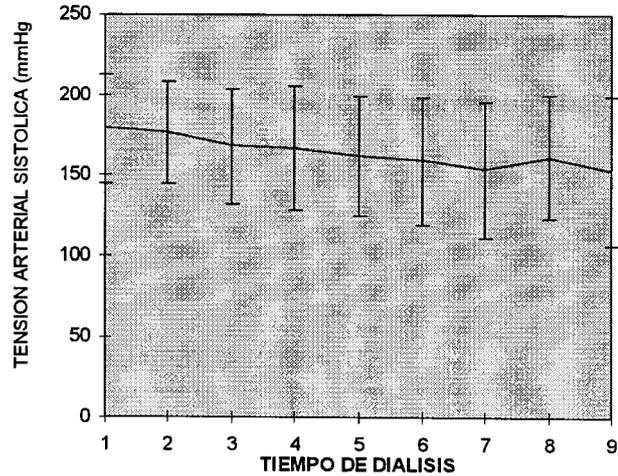


GRAFICO 5.
TENSION ARTERIAL SISTOLICA EN FUNCION DEL TIEMPO DE DIALISIS DIALIZADOR BAXTER CF 25



En todos los casos es evidente la disminución de la tensión arterial sistólica a medida que avanza el tiempo de diálisis.

a.2) Tensión Arterial Diastólica

Se aprecia en el Gráfico Nº 10 que con el dializador Baxter CF25, los pacientes presentan la mayor presión arterial diastólica, mientras que con los dializadores Nipro e Idemsa los valores de la Tensión Arterial Diastólica oscilan alrededor de los 85 mmHg.

En todos los casos, se aprecia una disminución de la tensión arterial diastólica a medida que avanza el tiempo de diálisis, aun cuando con los dializadores Nipro 130 la tendencia es menos fuerte.

TABLA Nº 3
TABULACIÓN DE DIALIZADORES: TENSION ARTERIAL DIASTOLICA EN FUNCION DEL TIEMPO DE DIALISIS

DIALIZADOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9
IDEMSA 28	83,02	81,4	78,84	76,53	77,13	75,15	75,03	72,27	73,19
IDEMSA 23	83,81	82,74	80,07	80,87	78,75	75,03	78,58	81,55	79,48
NIPRO 130	86,60	84,04	80,80	80,59	78,92	79,45	79,02	76,73	76,17
NIPRO110	86,70	78,90	78,91	75,09	76,96	74,10	73,57	74,17	74,82
BAXTER CF25	106,58	97,39	93,53	91,16	87,65	87,16	84,55	87,57	87,93

GRAFICO N° 06
TENSION ARTERIAL DIASTOLICA EN FUNCION DEL TIEMPO DE DIALISIS. DIALIZADOR BAXTER CF 25

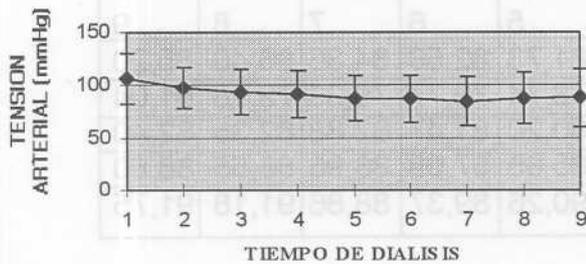


GRAFICO 09
TENSION ARTERIAL DIASTOLICA EN FUNCION DEL TIEMPO DE DIALISIS. DIALIZADOR NIPRO 130



GRAFICO 7.
TENSION ARTERIAL DIASTOLICA EN FUNCION DEL TIEMPO DE DIALISIS DIALIZADOR IDEMSA 28

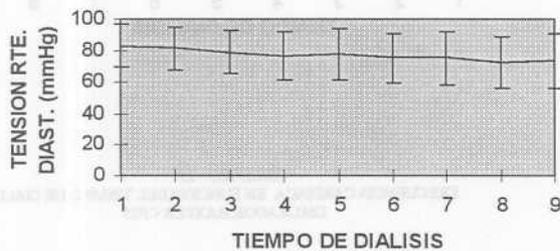


GRAFICO 10
TENSION ARTERIAL DIASTOLICA EN FUNCION DEL TIEMPO DE DIALISIS DIALIZADOR NIPRO 110



GRAFICO 08.
TENSION ARTERIAL DIASTOLICA EN FUNCION DEL TIEMPO DE DIALISIS DIALIZADOR IDEMSA 23



b) Frecuencia Cardíaca

En relación a este parámetro fisiológico se observa en la tabla N° 4 que la frecuencia cardíaca en los pacientes dializados con Dializadores Idemsa y Nipro es menor que en aquellos dializados con Baxter, siendo Idemsa quien presenta los valores más bajos. (Gráficos N° 11 y 12).

TABLA N° 4
FRECUCIA CARDIACA EN FUNCION DEL TIEMPO DE DIALISIS

DIALIZADOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9
IDEMSA 28	79,46	81,10	79,97	80,09	81,73	82,50	84,86	86,40	85,20
IDEMSA 23	76,12	75,20	76,05	77,33	78,74	79,77	79,33	79,18	81,04
NIPRO 130	79,58	79,15	80,41	80,89	80,20	81,47	82,88	82,35	82,40
NIPRO110	81,45	83,82	84,74	84,39	85,65	87,09	86,96	86,55	88,80
BAXTER CF25	89,08	86,32	86,08	89,37	90,26	89,37	88,86	91,18	91,75

GRAFICO 11.
FRECUCIA CARDIACA EN FUNCION DEL
TIEMPO DE DIALISIS DIALIZADOR IDEMSA 28

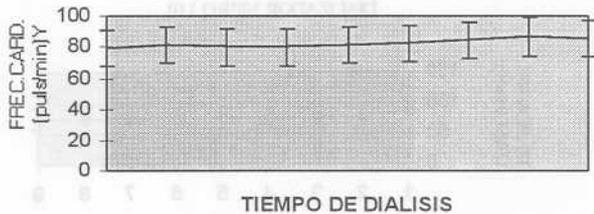


GRAFICO 14.
FRECUCIA CARDIACA EN FUNCION DEL TIEMPO
DE DIALISIS DIALIZADOR NIPRO 110



GRAFICO 12
FREC. CARDIACA EN FUNCION DEL TIEMPO
DE DIALISIS DIALIZADOR IDEMSA 23

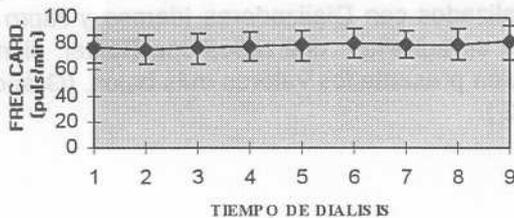


GRAFICO 15
FRECUCIA CARDIACA EN FUNCION DEL TIEMPO DE DIALISIS
DIALIZADOR BAXTER CF25

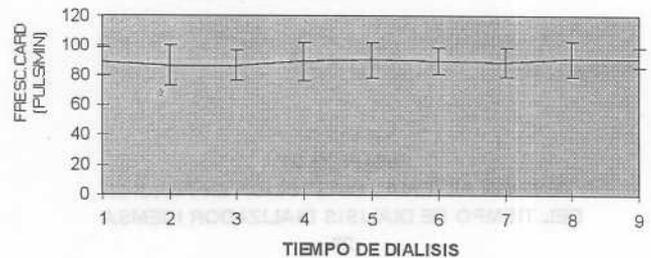


GRAFICO 13
FRECUCIA CARD. EN FUNCION DEL
TIEMPO DE DIALISIS DIALIZADOR NIPRO 130



Se puede ver que el comportamiento general es un aumento de la frecuencia cardíaca a medida que avanza el tiempo de diálisis.

c) Temperatura

Se observa un ligero incremento en la temperatura a medida que transcurre el tiempo de diálisis (Tabla N° 5) para los dializadores estudiados Baxter CF 25 y Nipro, para los otros dializadores la temperatura del paciente se mantiene casi constante, tendiendo hacia la baja en los dializadores Idemsa.

TABLA 5
TEMPERATURA DEL PACIENTE EN FUNCION DEL TIEMPO DE DIALISIS

DIALIZADOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9
IDEMSA 28	36,58	36,58	36,54	36,56	36,58	36,56	36,54	36,44	36,44
IDEMSA 23	36,66	36,58	36,59	36,36	36,46	36,50	36,55	36,59	36,63
NIPRO 130	36,57	36,66	36,58	36,65	36,65	36,67	36,61	36,60	36,55
NIPRO110	36,70	36,77	36,77	36,85	36,82	36,81	36,85	36,74	36,58
BAXTER CF25	36,53	36,62	36,63	36,58	36,60	36,58	36,68	36,73	36,68

GRAFICO N° 16.
TEMPERATURA DEL PACIENTE EN FUNCION DEL TIEMPO DE DIALISIS DIALIZADOR IDEMSA 28

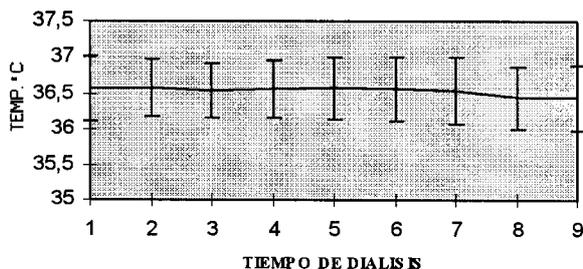


GRAFICO 18.
TEMPERATURA DEL PACIENTE EN FUNCION DEL TIEMPO DE DIALISIS DIALIZADOR NIPRO 130

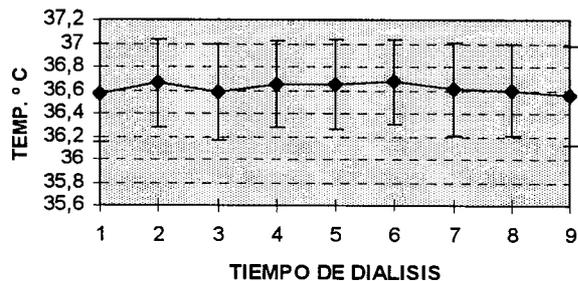


GRAFICO 17.
TEMPERATURA DEL PACIENTE EN FUNCION DEL TIEMPO DE DIALISIS DIALIZADOR IDEMSA 23

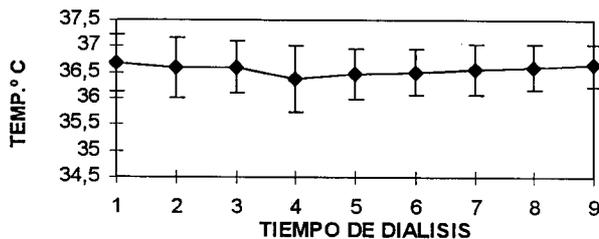
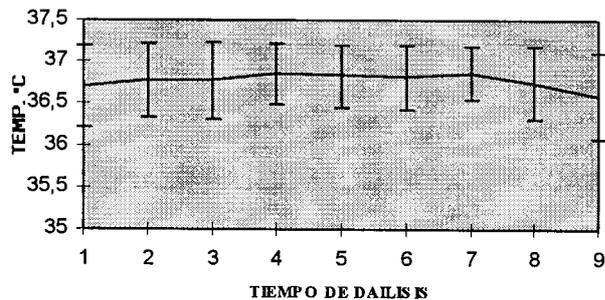
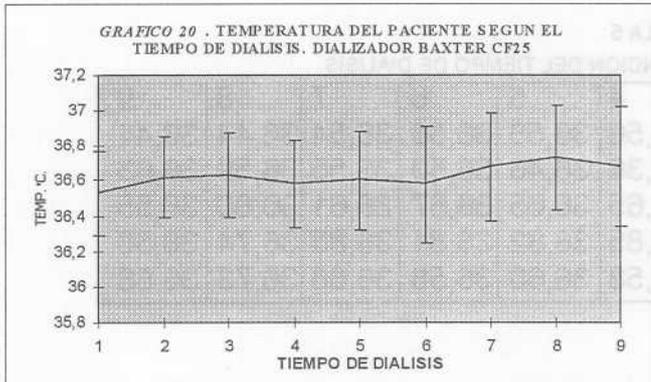


GRAFICO 19.
TEMPERATURA DEL PACIENTE EN FUNCION DEL TIEMPO DE DIALISIS DIALIZADOR NIPRO 110





d) Reacciones de Hipersensibilidad

Se encontró que las reacciones de Hipersensibilidad tales como Hipotensión, Prurito, Dolor precordial, sólo se presentaron 29 veces en las 432 diálisis estudiadas, lo cual representaron un 6.71 % de frecuencia de aparición. En la Tabla N° 6, se muestra el número de diálisis con las reacciones de hipersensibilidad de mayor frecuencia de aparición. En el uso de los dializadores Idemsa se observa, lo siguiente:

TABLA N° 6

FRECUENCIA DE APARICIÓN DE LAS REACCIONES DE HIPERSENSIBILIDAD		
Reacción Hipersensibilidad	Frec Aparición	%
Hipotensión	18 diálisis	4.16
Prurito	05 diálisis	1.15
Dolor Precordial	06 diálisis	1.38

TABLA N° 7

RELACIÓN PORCENTUAL DE LAS REACCIONES DE HIPERSENSIBILIDAD EN LOS DIALIZADORES

IDEMSA

Reacción de Hipersensibilidad	%
Reacciones de Prurito	0.69
Hipotensión	0.69
Perdida de Flujo sanguíneo e Hipotensión	0.23
Dolor Precordial	1.38

e.-) Otros Parámetros

e.1) Peso de los pacientes

Al efectuar un análisis de los pesos de ingreso, egreso, peso seco y peso perdido en cada uno de los dializadores estudiados se observa lo siguiente:

**TABLA N° 8
PESO DE LOS PACIENTES**

DIALIZADOR	PESO INGRESO	PESO EGRESO	PESO SECO	PERD. P.PROM
IDEMSA 28	68,20	64,65	64,54	3,55
IDEMSA 23	56,06	51,55	54,11	4,51
NIPRO 130	59,41	56,85	56,51	2,56
NIPRO110	52,19	48,35	47,99	3,84
BAXTER CF25	66,90	63,83	63,95	3,07

**GRAFICO 21,
VARIACIONES DE PESO DEL PACIENTE.
DIALIZADOR IDEMSA 28**

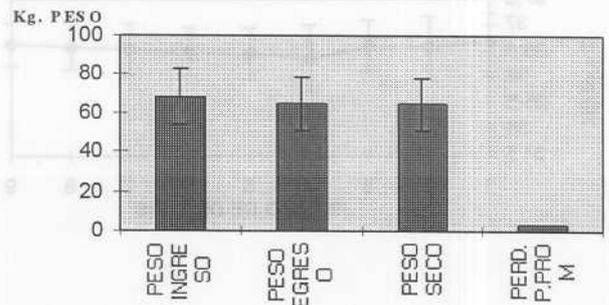
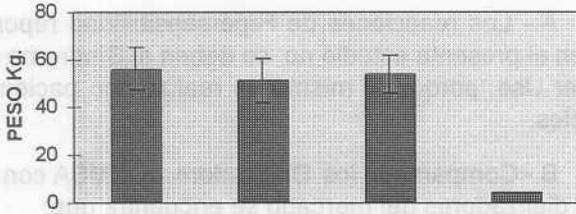
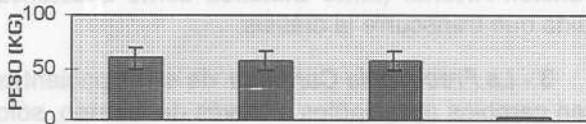


GRAFICO 22
VARIACION PESO DIALIZADOR IDEMSA 23



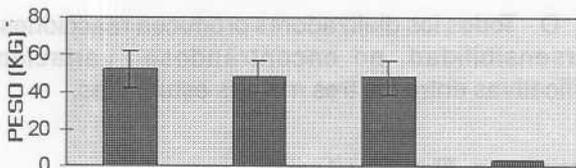
1. PESO INGRESO 2. PESO EGRESO. 3. PESO SECO.
4. PERD PESO

GRAFICO 23
VARIACION DE PESO DIALIZADOR NIPRO 130



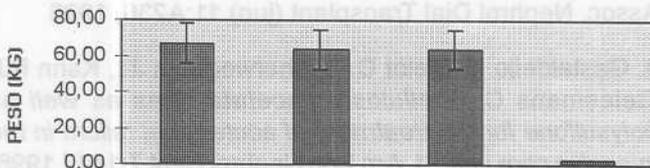
PESO INGRESO PESO EGRESO PESO SECO
PERD. PESO

GRAFICO 24
VARIACION PESO DIALIZADOR NIPRO 110



PESO INGRESO PESO EGRESO PESO SECO
PERD. PESO PROM.

GRAFICO 25. VARIACION PESO EN FUNCION DEL TIEMPO DE DIALISIS DIALIZADOR BAXTER CF 25



PESO INGRESO PESO EGRESO PESO SECO
PERD. PESO PROM.

e.2) Flujo de Bomba, Conductividad y Temperatura de la máquina

Otro parámetro medido en el estudio consistió en el flujo de Bomba, la conductividad y la Temperatura de la máquina. Los resultados obtenidos para cada tipo de dializador se muestran a continuación.

TABLA Nº 9
FLUJO DE BOMBA, CONDUCTIVIDAD Y TEMPERATURA DE LA MAQUINA

DIALIZADOR	FLUJO BOMBA	CONDUCTIVIDAD	TEMP MAQUINA
IDEMSA 28	315	14	37
IDEMSA 23	297	14	37
NIPRO 130	311	14	37
NIPRO110	292	14	37
BAXTER CF25	287	14	37

GRAFICO 26
OTROS PARAMETROS DE LA MAQUINA DIALIZADOR IDEMSA 28

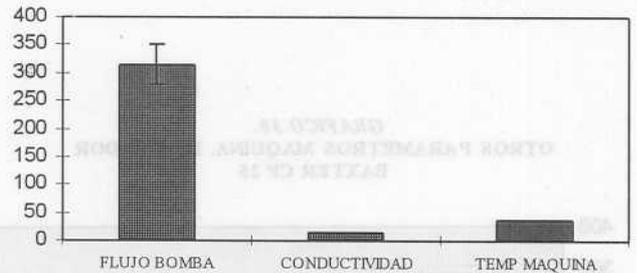


GRAFICO 27
OTROS PARAMETROS DE LA MAQUINA DIALIZADOR IDEMSA 23

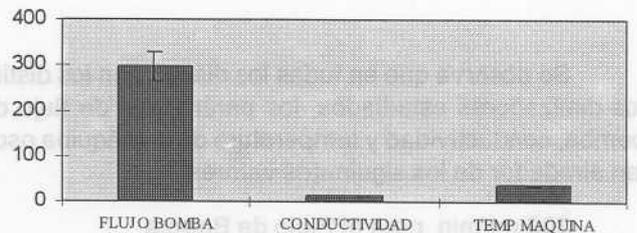


GRAFICO 28
OTROS PARAMETROS DE LA MAQUINA
DIALIZADOR NIPRO 130

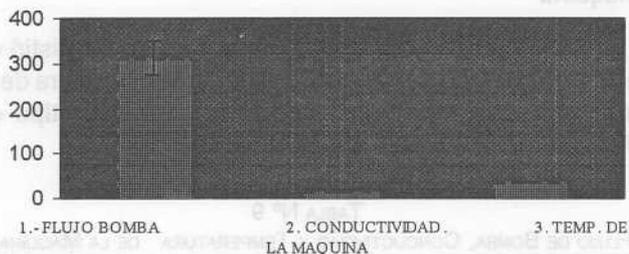


GRAFICO 29
OTROS PARAMETROS DE LA MAQUINA
DIALIZADOR NIPRO 110

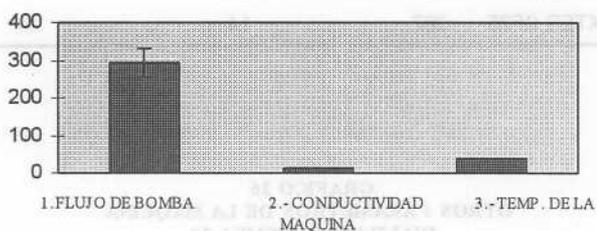
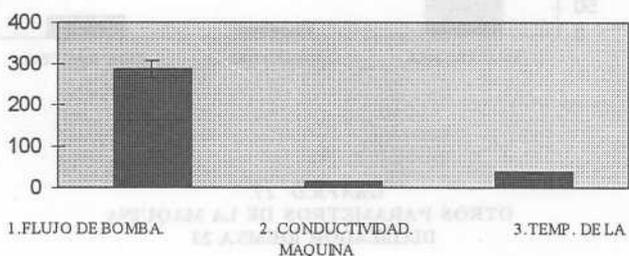


GRAFICO 30.
OTROS PARAMETROS MAQUINA. DIALIZADOR
BAXTER CF 25



Se observa que en todas las diálisis con los distintos dializadores estudiados, los parámetros de flujo de bomba, conductividad y temperatura de la máquina oscilan alrededor de los siguientes valores:

300 ml/min para el Flujo de Bomba

14 mS/cm para la conductividad

37° C para la temperatura de la máquina

CONCLUSIONES

A.- Las reacciones de Hipersensibilidad reportadas en el presente estudio no se deben al Síndrome del Primer Uso, porque el mismo se realizó con pacientes estables.

B.- Comparando los Dializadores IDEMSA con los otros dializadores del mercado se encuentra que:

1.- *La Temperatura* de los pacientes tratados presentan menor variación por sesión, frente al promedio, sin embargo esta diferencia no parece ser apreciable entre los tres grupos de dializadores estudiados.

2.- *Las Tensiones Arteriales* sufren cambios leves, a diferencia del promedio de dializadores estudiados. Se observa una tendencia hacia una disminución de la Tensión Arterial (tanto Sistólica como Diastólica) a medida que transcurre la diálisis.

3.- *La Frecuencia Cardíaca* de estos pacientes no sufren cambios apreciables a través del tiempo, sólo se observa un ligero aumento a medida que transcurre el tiempo de la diálisis.

C.- Las reacciones tales como Hipotensión se presentan en una relación de 0.69 % de los dializadores Idemsa contra un 4.16% de los casos registrados. El Prurito se presenta en una relación de 0.69 % en los dializadores Idemsa contra un 1.15% de los casos registrados y el Dolor Precordial en un 1.38%.

D.- Todos los dializadores producen reacciones de Hipersensibilidad, no encontrándose variaciones significativas entre las tres marcas estudiadas.

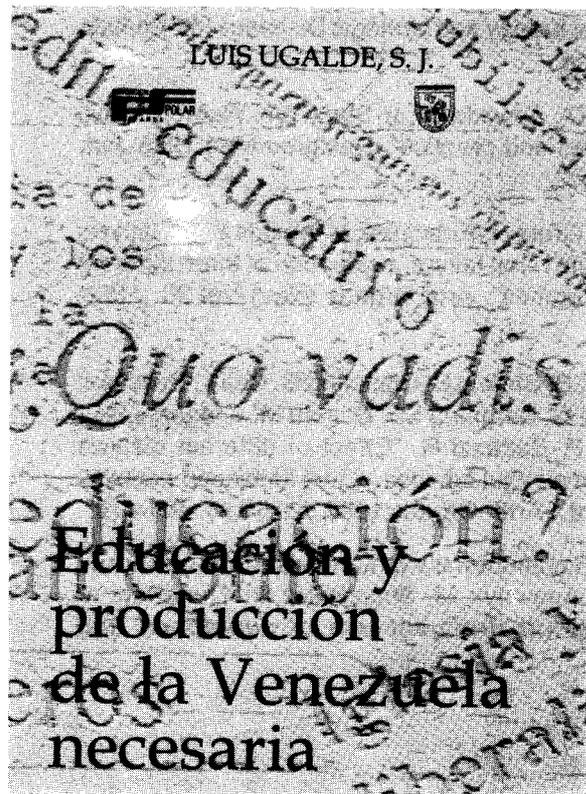
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Akzo -Nobel (*Comunicación Interna*)
2. Locatelli F, Mastrangelo F, Radaelli B, Ronco C, Marcelli D, La Greca G, Orlandini G y col. "Randomized trial on the effect of different membranes and dialysis technologies" 33rd Congress of the Eur Dial Transplant Assoc. Nephrol Dial Transplant (jun) 11:A236, 1996
3. Gastaldello K, Melot C, Vanherweghem JL, Kahn RJ, Tielemans C. "Cellulose diacetate does as well as polysulfone for the treatment of acute renal failure in the intensive care unit". J. Am Soc Nephrol Sept 7:1447, 1996.

4. Assovad M, Tseng S, Dunn K, Gonzalez J, Brennan S, Suki W "Biocompatibility of dialyzer membranes in the outcome of acute renal failure". JASN 7:1437,1996
5. The National Kidney and Urologic Diseases Information Clearinghouse.
6. Mackenzie TA, Zawada ET Jr, Stacy WK "Hemodialysis. Basic Principles and practice". Postgrad Med 1985 Jan; 77(1):95-101.
7. Kranzlin B, Gretz N, Kirschfink M, Mujais SK. "Dialysis in rats with acute renal failure: evaluation of three different dialyzer membranes". Artif Organs (Nov) Vol 20 :1162-1168, 1996.
8. De Sanctis LB, Stefoni S, Cianciolo G, Coli L, Buscaroli A, Feliciangeli G, Borgnino LC, Bonetti M, Gregorini MC, De Giovanni P, Buttazzi R. "Effect of different dialysis membranes on platelet function. A tool for biocompatibility evaluation". Int J Artif. Organs 1996 Jul; 19 (7): 404-410.
9. Zukowska-Szzechowska E, Moczulski D, Grzeszczak W, Gosek K, Augustyn M, Staszewicz P "The effect of hemodialysis with frequent use of cuprophane and polysulfone membranes on activation of complement in patients with chronic renal failure". Pol Arch Med Wewn 1996 Nov; 96 5. 458-468.
10. Goodman-Gilman, "Bases Farmacologicas de la Terapeutica".
11. Katzung, B. "Farmacología basica y clinica". 4a. EDICION. 1991
12. FDA. Titulo 21.
13. Farmacopea Britanica
14. Farmacopea Francesa
15. USP. XXIII
16. IDEMSA, Modern Realisation Group, Segovia, España
17. Nissenson A, Fine R., Gentile D., " Clinical Dialysis" Second Edition.
18. Baxter International Inc (Comunicación Interna).

Luis Ugalde

**Educación y producción de
la Venezuela necesaria**



Capítulo I. Sociedad y sistema educativo

Capítulo II. Estado y sociedad

Capítulo III. Educación y Venezuela productiva

Desarrollo en el área de estructura para la norma antisísmica

Ing. Julio Javier Hernández

Subcomisión de Estructuras,

Comisión Revisora de la Norma Antisísmica, FUNVISIS

RESUMEN

Se presenta el marco general de las especificaciones del Área de Estructuras para la Propuesta de modificación de la Norma venezolana vigente "Edificaciones Antisísmicas" COVENIN 1756, desarrolladas por la Subcomisión respectiva. No presentándose aquí un compendio de prescripciones aplicables, la intención es mostrar el alcance de las modificaciones planteadas, con los conceptos subyacentes.

1. INTRODUCCIÓN

La sucesiva experiencia mundial de ocurrencia de sismos, tales como los terremotos de Northridge⁶ y Kobe⁷ en el exterior, y el reciente que nos enluta, del 9-7-97 en el Oriente del país, sigue destacando en forma dramática la vulnerabilidad de las construcciones y señala, junto con la investigación sistemática que viene desarrollándose en el área de la Ingeniería Sísmica, la necesidad de continuar mejorando las normas y especificaciones de diseño sismorresistente y su aplicación.

Al igual que las del resto del mundo, las Normas venezolanas de diseño de edificaciones para resistir los terremotos, han estado sujetas a cambios significativos con el tiempo. Las Normas de 1947¹⁵ y 1955¹⁶ eran muy limitadas en su alcance sismorresistente, careciendo incluso de información sismológica tratada científicamente. La Norma de 1967¹⁷ incorpora la influencia del tipo de suelo, introduce un nuevo mapa de zonificación con respaldo de observaciones sismológicas, limita los desplazamientos relativos de entrepiso y exige un detallado especial de los nodos de vigas y columnas de concreto armado, entre otras cosas.

La Norma de 1982⁵, vigente hasta la fecha, significó un cambio importante, cualitativo y cuantitativo, respecto a las anteriores; incorporó nuevos métodos y criterios de diseño¹, algunos de ellos producto de investigaciones y experiencias nacionales iniciadas con el impulso del terremoto de Caracas de 1967¹⁰. Se definió un mapa de zonificación basado en criterios probabilísticos⁹, se establecieron espectros de diseño, se incorporó explícitamente la ductilidad de las estructuras y su asociación con la magnitud de las fuerzas sísmicas y con el detallado de juntas y miembros de concreto armado, se consideraron las propiedades dinámicas de las edificaciones en todos los métodos de análisis, se especificaron criterios de diseño de fundaciones, muros y taludes, y se incluyó un cuerpo de Comentarios, entre otras innovaciones.

Como es natural, quedaron diversos problemas por resolver o tratados insuficientemente como son: la ausencia de requisitos para estructuras de acero, poco control de las irregularidades de las edificaciones y carencia de requisitos de inspección. Con el transcurso de los años, han surgido problemas en la utilización de la Norma, producto de su extrapolación a situaciones que explícitamente están excluidas, como son las construcciones existentes y las construcciones no-tipificadas. Igualmente, se manifiestan en la práctica profesional algunos desaciertos de interpretación que parece conveniente atender con el fin de evitar situaciones de riesgo excesivo.

En esa dirección, y con el objetivo general de reducción de los riesgos sísmicos en el país, la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) ha venido desarrollando el trabajo de evaluación y mejoramiento de la Norma COVENIN 1756 «Edificaciones Antisísmicas» el cual ya comienza a dar sus frutos. El trabajo se repartió entre tres Subcomisiones para revisar las especificaciones sobre la Amenaza Sísmica, Suelos y Fundaciones, y Estructuras respectivamente, las cuales entregaron sus propuestas entre 1995 y 1996. Poste-

riormente otra Comisión viene revisando y armonizando estas propuestas a fin de producir un documento público.

En este trabajo se presenta un resumen de la Propuesta de cambios para la Norma, elaborada por la Subcomisión de Estructuras, bajo la coordinación del Prof. Oscar A. López¹². Esta Propuesta refleja la opinión de los miembros de la Subcomisión y debe tenerse presente que sus proposiciones no son un documento legal.

2. RENOVACIÓN NORMATIVA: ASPECTOS CONCEPTUALES Y LIMITACIONES.

Como objetivos particulares del cambio normativo podemos citar: **a)** Corregir insuficiencias presentes en la Norma actual, tales como las concernientes a estructuras de acero, a edificaciones existentes, y otras; **b)** Mejorar los criterios de diseño, incorporando nuevos resultados producto del crecimiento acelerado del conocimiento en esta disciplina a nivel mundial y nacional en los últimos 15 años; y **c)** Combatir varias extrapolaciones inadecuadas que se han hecho de la Norma vigente.

Se mantienen en el trazado de las disposiciones normativas los mismos objetivos generales que se establecieron en la génesis de esta Norma COVENIN 1756:

- * el propósito principal es el de salvaguardar vidas humanas, ante la ocurrencia de terremotos.
- * se aspira que mediante su aplicación los edificios estén en capacidad de soportar sismos moderados con daños leves, los sismos de diseño con daños reparables y sismos extraordinarios con baja probabilidad de colapso aunque sean irreparables.
- * aunque no aparece declarado explícitamente, se intenta lograr que todas las edificaciones de un uso similar tengan un grado de confiabilidad análogo, penalizando las irregulares.
- * estimular los edificios regulares, como producto indirecto de dichas penalizaciones.

Como guías principales para la elaboración de la Propuesta se han seguido las Recomendaciones para elaboración de Normas del NEHRP¹⁸ y del Eurocódigo⁴, diversas Normas extranjeras y una variedad de artículos de investigación, junto con la experiencia nacional.

Se destaca la limitación de esta Norma a las construcciones de la clase de edificios en general y tipificados en particular. Se consideran no tipificadas aquellas estructuras que usan materiales no previstos en la Norma

porque no tienen adscritos requisitos de detallado sismorresistente como prefabricados, mampostería, pretensados, etc.; y también aquellas con sistemas especiales como tirantes, arcos, etc. Para estos edificios se trazan lineamientos y requisitos de los estudios que deben seguirse a fin de lograr una confiabilidad semejante a la que poseen los edificios típicos, de los cuales se tiene una amplia estadística de comportamiento. Como caso particular se han trazado algunas condiciones que deben cumplir los edificios sobre sistemas de reducción sísmica como aisladores, amortiguadores, etc., cuya difusión es previsible en los próximos años.

Siendo que la orientación principal de la Norma es hacia el proyecto de edificaciones nuevas, pero tomando en cuenta la amplitud de intervenciones recientes en edificaciones existentes, se ha redactado un Artículo dedicado a las consideraciones especiales para dichas edificaciones, el cual se expone más adelante.

Se subrayan en las Disposiciones Generales de la Propuesta que la correcta utilización de la Norma supone el cumplimiento de una serie de requisitos implícitos que conviene recordar porque existe alguna tendencia a soslayarlos. Entre ellos tenemos:

- * la necesidad de una correcta construcción e inspección de la ejecución de la obra para una buena conducta en el rango inelástico. Por tanto se puntualizan los requisitos mínimos que debe sobrellevar la Inspección, la cual debe quedar plasmada en un Plan ad hoc, contando con una Supervisión Sismorresistente supervisada por los proyectistas estructurales. Con ésto se reglamentaría en cierta forma la prescripción ya contenida en la Norma de Acciones Mínimas COVENIN 2002, siguiendo algunos criterios internacionales al respecto.
- * la necesidad de que el conjunto de profesionales involucrados estén correctamente formados o asesorados, cubran unas pautas mínimas en sus trabajos y se coordinen entre sí. Por ejemplo, al respecto de los ingenieros estructurales parece conveniente destacar, entre otras cosas, la necesidad de que los programas de computación se utilicen responsablemente, combatiendo su uso como "caja negra".
- * la necesidad de que otras personas involucradas como son urbanizadores, fabricantes, expendedores, constructores y usuarios adopten las actitudes correctas respecto a la calidad de la construcción.
- * la realización de un buen mantenimiento, incluyendo la conveniente inspección tras la eventual ocurrencia de temblores intensos.

3. ACCIONES DE DISEÑO; ESPECTROS DE RESPUESTA

Las acciones sísmicas de diseño están condicionadas por una serie de parámetros como la aceleración característica del terreno, el factor de modificación de la misma por uso de la edificación y las características del espectro de respuesta.

La aceleración característica del terreno viene dada en un Mapa de Amenaza Sísmica desarrollado por la respectiva Subcomisión²⁰, el cual zonifica al país en regiones con un determinado valor de aceleración. Es de resaltar que en esta Propuesta se sugirió elevar la aceleración básica de diseño a 0,40 g en las cercanías de la falla de El Pilar.

En la Propuesta se han reclasificado las edificaciones en los grupos de uso A, B1, B2 y C, asignándoles los coeficientes a : 1,2; 1,1; 1 y 0, siendo B1 las edificaciones educacionales y no esenciales de alta densidad ocupacional y B2 las restantes.

El Espectro de Respuesta sufre algunas modificaciones, introducidas por la Subcomisión de Suelos⁸:

* corresponde ahora a cuatro perfiles de suelo, manteniéndose los tres primeros S1, S2 y S3 tras precisar las definiciones. Se añade el perfil S4 que se asigna a suelos blandos en zonas de baja sismicidad para tomar en cuenta los sismos lejanos de baja frecuencia.

* se introduce un factor de modificación de la aceleración básica, de acuerdo al perfil de suelo.

* se modifican los valores β de amplificación y algunos de los períodos T^* , y se introducen unos T_0 variables en lugar del 0,15 fijo.

Y además por parte de la Subcomisión de Estructuras:

* se limita la rama plana del espectro a un período $T^+ \geq T_0$, que depende del Factor de Respuesta (R) admitido. Con esto se toma en cuenta el menor desarrollo factible de ductilidad para períodos bajos, tal como lo ratifican investigaciones recientes²¹.

En la Fig. 1 se pueden observar los espectros que se obtienen de acuerdo con la Propuesta, para un caso típico de uso y de suelo, en una zona de sismicidad elevada y para una serie de diferentes Factores de Respuesta R.

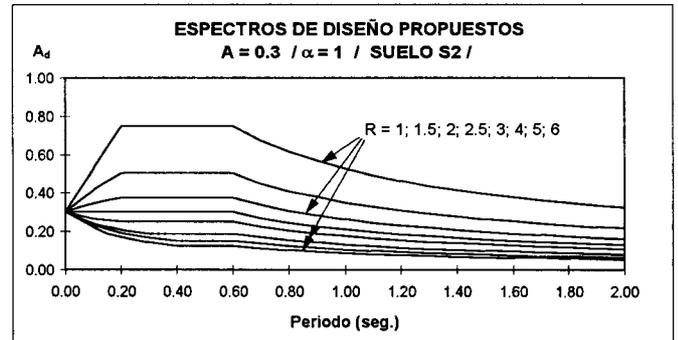


Figura 1

En la Fig. 2 se muestra una comparación con la Norma vigente para el caso correspondiente a $R = 6$.

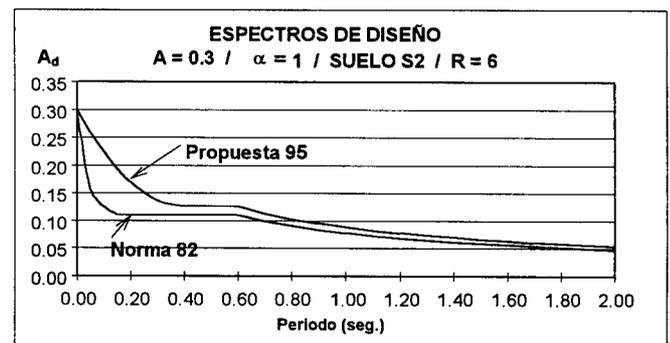


Figura 2

4. TIPIFICACIÓN ESTRUCTURAL; INCLUSIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

Las principales innovaciones en la tipificación estructural son la inclusión de las estructuras de acero, la división de los tipos en subtipos, algunas precisiones en su relación con los Niveles de Diseño y el tratamiento de las irregularidades.

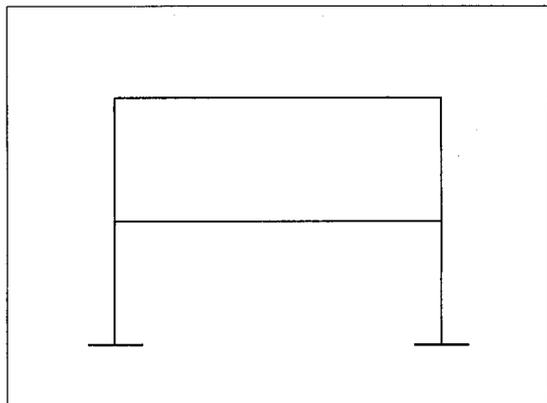
La incorporación de las estructuras de acero viene a satisfacer la mayor demanda de la práctica profesional, dada la gran utilización de las mismas. La correcta adscripción de las estructuras de acero a la Norma puede hacerse tras incorporar especificaciones mínimas de detallado sísmorresistente. Además resulta conveniente tra-

bajar con tensiones de agotamiento y factores de carga, ya que las acciones de diseño sísmico están prescritas a niveles de cedencia inicial. Por ello, paralelamente se ha impulsado la renovación de la Norma venezolana de diseño en acero estructural COVENIN 1618, para trabajar con tensiones límites según la metodología de factores de carga y resistencia ("LRFD"), la cual ha tenido creciente aceptación en nuestro país, y para incorporar el detallado sismorresistente según las "Seismic Provisions for Structural Steel Buildings" del A.I.S.C., estableciendo además algunas medidas de diseño adicionales desarrolladas en la Subcomisión¹³, que corresponden o bien a convenientes garantías de ductilidad o bien a compatibilización con nuestros Niveles de Diseño.

Para los dos materiales de construcción, concreto armado y acero, los tipos estructurales I, II y III se dividen en subtipos Ia, Ib, IIa, IIb, IIIa y IIIb, en atención al nivel de hiperestaticidad y la presencia de miembros dúctiles. Los pórticos del subtipo Ia deben disponer de una elevada redundancia externa e interna, juntas rígidas y ausencia de discontinuidades de columnas (Fig. 3). En caso contrario clasifican como Ib (Fig. 4). El subtipo IIIa en concreto armado exige el acoplamiento de los muros con dinteles dúctiles y en acero corresponde a los pórticos diagonalizados excéntricos (Fig. 5). En ausencia de dinteles o con diagonalización concéntrica se tiene el subtipo IIIb (Fig. 6). Los sistemas duales IIa y IIb se forman mediante combinación del subtipo Ia con los subtipos IIIa y IIIb respectivamente. Se han propuesto algunas limitaciones a los tipos en relación con los Niveles de Diseño, como por ejemplo que los sistemas de placas sin vigas sólo pueden clasificar como subtipo Ib ó IV, con ND1.

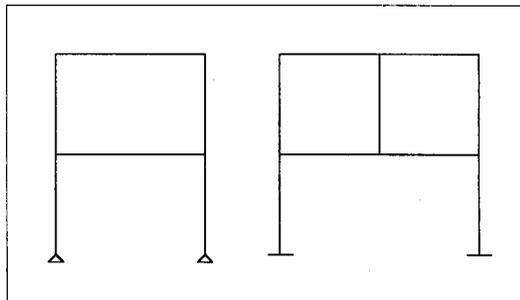
ESQUEMA DE SUBTIPO IA

Figura 3



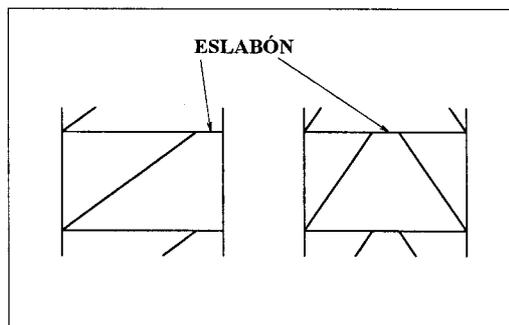
ESQUEMA DE SUBTIPO IB

Figura 4



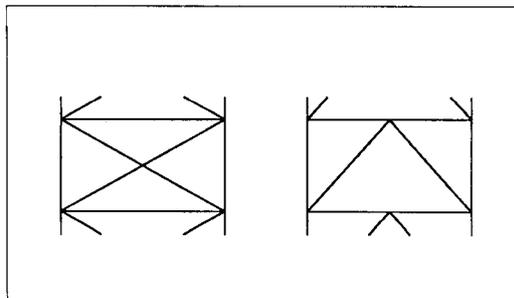
ESQUEMA DE SUBTIPO IIIA

Figura 5



ESQUEMA DE SUBTIPO IIIB

Figura 6



Los Factores de Respuesta básicos R_b , que sustituyen al Factor de Ductilidad D , se asignan a las estructuras de acero (Tabla 1) con valores ligeramente superiores a los correspondientes a las estructuras de concreto armado del mismo subtipo y Nivel de Diseño (Tabla 2).

TABLA 1

Valores de R_b (propuestos; provisorios)							
TIPO ESTRUCTURAL EN ACERO							
Nivel de Diseño	I		II		III		IV
	la	lb	IIa	IIb	IIIa	IIIb	
ND3	6 *	4,5	6	5	6	4	2,5
ND2	4,5	3,5	4,5	4	4,5	3	2
ND1	2,5	2	2,5	2,25	2,5	2	1,5

* Si en todas las columnas $P_u/\phi P_n < 0,1$: $R_b = 6,5$

TABLA 2

Valores de R_b (propuestos; provisorios)							
TIPO ESTRUCTURAL EN CONCRETO ARMADO							
Nivel de Diseño	I		II		III		IV
	la	lb	IIa	IIb	IIIa	IIIb	
ND3	6	4	5,5	5	4,5	3,5	2
ND2	4	3	3,5	3,25	3	2,5	1,5
ND1	2	1,5	2	1,75	2	1,5	1,25

De suma importancia es la nueva clasificación de las irregularidades estructurales y no-estructurales previstas en la Propuesta. Con ello se pretende que sean evaluadas detenidamente y se tomen ciertas medidas de análisis y diseño para mejorar el comportamiento de las edificaciones que las posean o bien que se elimine la existencia de las irregularidades. Entre éstas se contemplan:

- * los entrepisos blandos o débiles.
- * las fuertes discontinuidades de rigidez, resistencia o sobrerresistencia.
- * las esbelteces excesivas.
- * las variaciones excesivas de dimensiones entre las plantas.
- * las fuertes discontinuidades de masas.
- * los desalineamientos de muros o columnas.
- * las elevadas excentricidades y las bajas rigideces torsionales.
- * las fuertes variaciones de los centros mecánicos de las plantas.
- * los diafragmas muy flexibles¹⁴.
- * las desuniformidades de la tabiquería.

Según el tipo de irregularidad presente se toman una o varias de estas medidas:

- * una reducción del Factor de Respuesta si se juzga que el desarrollo de ductilidad es afectado.
- * un Método de Análisis superior si éste puede estimar la variación de respuesta previsible.
- * la exigencia del Nivel de Diseño ND3 en zonas de posibles concentraciones de demanda.
- * la combinación de los sismos en dos direcciones, cuando las cargas axiales en los soportes verticales pueden ser críticas.

5. ESPECIFICACIONES DE MODELADO, ANÁLISIS Y DISEÑO.

Se ha realizado un esfuerzo por precisar diversos aspectos del Modelado de los sistemas estructurales que tienen incidencia en la confiabilidad de los resultados del análisis que luego se efectúe, como son por ejemplo:

* la distinción del sistema sismorresistente de la eventual estructura no sismorresistente, pero cuya estabilidad debe ser evaluada.

* puntualización del importante papel de los Diafragmas, de su evaluación y en general de la transmisión de fuerzas inerciales.

* el tipo de deformaciones elásticas o inelásticas que se deben considerar.

* la compatibilización de deformaciones y sollicitaciones.

* el adecuado modelado de la infraestructura.

Los Métodos de Análisis anteriores se han revisado y se han añadido otros nuevos:

* ampliación y desglosamiento del análisis de los componentes y elementos no-estructurales.

* en el Método Estático Equivalente: estimación de los períodos fundamentales con la fórmula de Rayleigh, ajuste del parámetro μ y aumento del período de control.

* en el Método de la Torsión Estática Equivalente: especificación del valor de τ a partir de las características torsionales de las plantas ¹¹ para evitar la asignación errónea de su valor; incorporación de factor de control variable τ' para la "zona rígida" de las plantas. Dichos factores se obtienen así:

$$\tau = 1$$

$$+ [6,25 - 20\varepsilon\Omega]\Omega^4 \quad \text{si} \quad 0,5 \leq \Omega \leq 1$$

$$\tau = 1,5 + [5,75 - 20\varepsilon(2 - \Omega)](2 - \Omega)^4 \quad \text{si} \quad 1 \leq \Omega \leq 2$$

$$\tau = 1,5 \quad \text{si} \quad 2 \leq \Omega$$

$$\tau' = 6(\Omega - 1) - 0,6$$

$$\text{pero} \quad -1 \leq \tau' \leq 1$$

siendo: $\varepsilon = e/r \leq 0,2$; $\Omega = r/r_t \geq 0,5$; $r_t =$ radio de giro torsional resp. al C.M.

Entre las Figuras 7 y 8 se comparan los valores teóricos de τ con los obtenidos mediante las fórmulas propuestas.

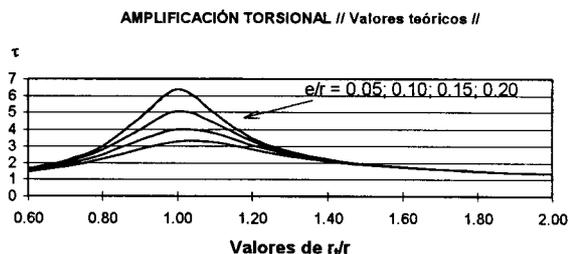


Figura 7

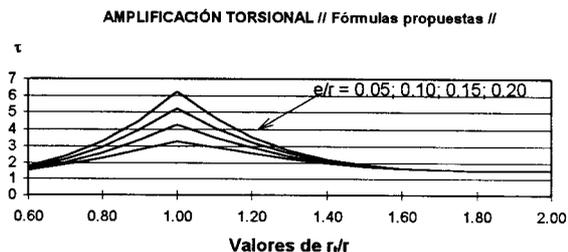


Figura 8

* en el Método de Análisis Dinámico con 1 GDL/planta: ajuste del número de modos y aumento del periodo de control.

* en el Método de Análisis Dinámico con 3 GDL/planta: desglosamiento detallado del procedimiento, ajuste del número de modos y aumento del periodo de control.

* especificación de Método de Análisis Dinámico con Diafragmas Flexibles, desglosando el procedimiento.

* especificación de Análisis Dinámico con Acelerogramas, estableciendo requisitos mínimos; este método se emplearía para estructuras no tipificadas o cuando se requieran decisiones especiales.

* especificación de Análisis Estático Inelástico, estableciendo requisitos mínimos; este método puede emplearse, entre otros motivos, para justificar valores de R

diferentes a los usuales, lo que puede conducir a cierta economía en casos especiales.

- * especificación detallada de la incorporación de la Interacción Suelo-Estructura, que sería optativa en general y obligatoria para suelos blandos y edificios esbeltos.

- * introducción de control de inestabilidad bajo los efectos $P-\Delta$.

En cuanto a las prescripciones correspondientes al Diseño tenemos:

- * Las combinaciones de carga se han modificado para incluir efectos de la aceleración vertical y ajustar los factores de simultaneidad. Al mismo tiempo se añaden combinaciones especiales adscritas a situaciones de poco desarrollo de ductilidad.

- * se consideran situaciones de concentraciones de demanda.

- * se amplían los requisitos de verificación y detallado para los muros estructurales, siguiendo la conciencia internacional al respecto de la insuficiencia de las prescripciones anteriores.

- * se añaden algunos requisitos para pórticos de acero y para pórticos diagonalizados.

- * se estipulan medidas para el diseño de columnas discontinuas y su conexión.

- * se disponen requisitos para estructuras Tipo IV, antes no previstos.

- * se requiere el control de la regularidad prevista de las resistencias globales.

6. TRATAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS EXISTENTES

Se ha vuelto una necesidad la incorporación de las estructuras existentes en la Norma Revisada. Dadas las condiciones económicas del país se han incrementado notablemente las intervenciones en estructuras existentes, lo que lleva al peligro de que se efectúen algunas sin los debidos controles, cuando además aparece la tendencia a extrapolar la Norma de edificaciones nuevas a las existentes. En la Propuesta se establecen una serie de prescripciones a fin de guiar tanto su evaluación como eventual reforzamiento, que toman en cuenta tanto la

experiencia nacional como una amplia revisión bibliográfica internacional que se refiere parcialmente^{2,3,19}.

Se presentan algunos problemas en el tratamiento de las edificaciones existentes que conviene atender y para las que se proponen una serie de medidas y criterios:

- * la construcción debe evaluarse apropiadamente tomando en cuenta: la realidad construida y no meramente la prevista en los planos, la calidad del material efectivamente ejecutado, las normativas de la época de construcción, los posibles deterioros sobrellevados, etc.

- * por tanto debe realizarse una investigación profunda de la edificación existente.

- * si sólo se requiere una revisión o reparación podrían aceptarse sismos de diseño para menor vida útil a la usual; pero cuando se efectúan ampliaciones o cambios de uso es de esperar la vida útil normal; en función de la primera posibilidad es razonable rebajar los valores de las acciones de diseño y así se estipula.

- * para evaluar la edificación existente hay que asignarle un determinado Factor de Respuesta, el cual es dependiente de la tipología estructural y el Nivel de Diseño (ND), entendido como clase de detallado, que determina cierto grado de ductilidad disponible.

- * hay que tomar conciencia de que el Nivel de Diseño ND1 en concreto armado supone el cumplimiento de los 15 primeros capítulos de la Norma COVENIN 1753. Por tanto una construcción ejecutada según patrones antiguos puede que no califique para ND1, si incumple la Norma de diseño actual en aspectos de incidencia sismorresistente. En ese caso se propone asignarle un Nivel de Diseño ND0 y rebajar los Factores de Respuesta.

- * el grado de seguridad ante sismos extraordinarios depende del Nivel de Diseño presente, motivo por el cual se exigen determinados ND mínimos según la sismicidad regional; si una construcción existente no satisface dichos mínimos debe suplir la seguridad con mayores acciones; por tanto se prevén incrementos de las aceleraciones espectrales en función de la relación entre el ND mínimo prescrito y el ND presente.

- * en las verificaciones de sollicitaciones también deben tomarse en cuenta los deterioros de los materiales, el tipo de acero de la época, el control de calidad de la ejecución y la variabilidad de las dimensiones.

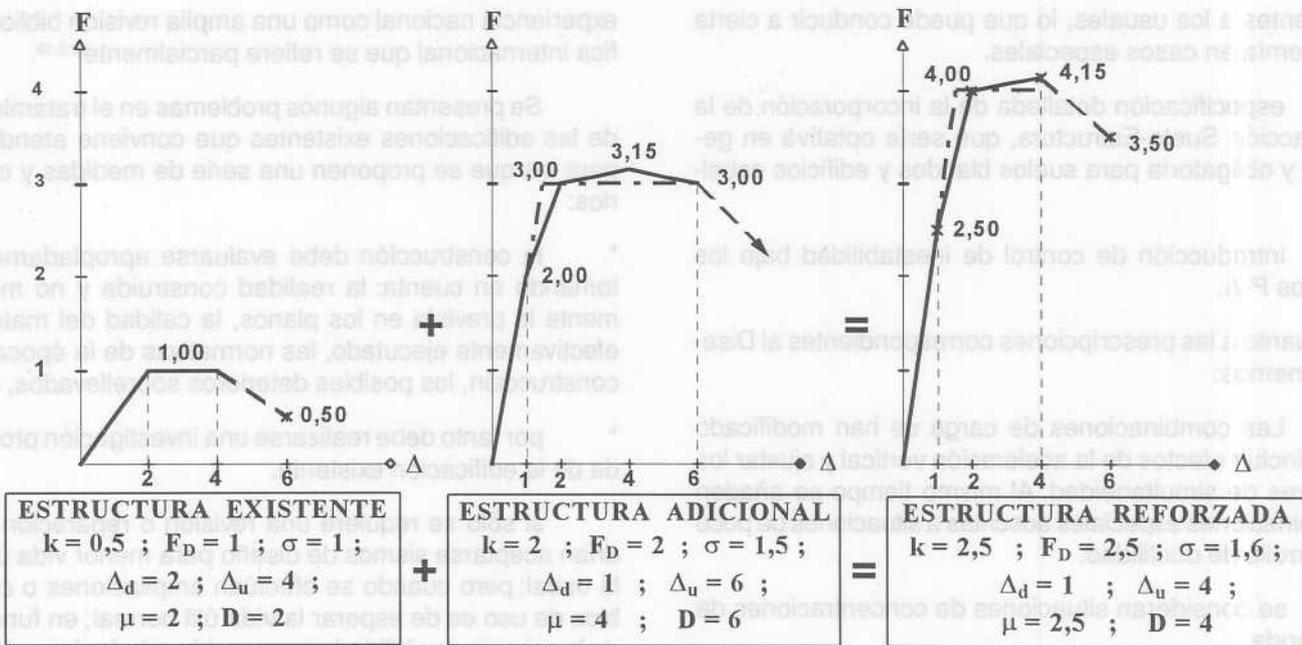


Figura 9

* en casos de reforzamiento estructural es de suma importancia la interacción entre la estructura antigua y la nueva. Véase un ejemplo en la Fig.9

* en caso de que la estructura antigua colabore en la sismorresistencia con la nueva, hay que estimar un Nivel de Diseño ND y un Factor de Respuesta R para el conjunto, de acuerdo a sus mutuas características; al respecto se indican criterios de combinación. En la Fig. 9 se observa que para la estructura reforzada puede resultar un valor intermedio (no necesariamente promedio).

* en cualquiera de ambos casos es de suma importancia que en la interacción se considere la capacidad extrema de la estructura existente para permanecer soportando cargas gravitatorias, pues el límite de su deriva admisible puede ser inferior al establecido por motivos de la tabiquería para las edificaciones nuevas. Es indudable que en los reforzamientos de construcciones existentes de baja ductilidad es necesario suplir tanto rigidez como resistencia. En la Fig. 9 se observa como puede gobernar la deriva tolerable de la estructura existente.

* resulta clave que en las estructuras reforzadas se compruebe que los diafragmas tengan la capacidad necesaria y la vinculación adecuada para transmitir las fuerzas inerciales a la nueva estructura de refuerzo; algunas estructuras "reforzadas" podrían fallar por inutilidad del

refuerzo, cuya capacidad no llegue a ser demandada por la transmisión de fuerzas desde los diafragmas.

* es esencial que se verifique si las fundaciones existentes están en capacidad de soportar las solicitaciones sísmicas derivadas de la estructura reforzada, pues éstas pueden variar tanto en magnitud como en distribución espacial; un diseño de rigidización no puede desarrollar su capacidad si no está adecuadamente fundado; al respecto es posible que el proyecto de reforzamiento requiera la adición de nuevas fundaciones.

El espíritu global del tratamiento de las estructuras existentes es el de que, adicionalmente a las prescripciones para las edificaciones nuevas, deben efectuarse otras consideraciones de análisis, verificaciones y diseño, muchas de las cuales se están indicando. Ello se debe realizar con el debido cuidado y aplicando los mejores conceptos y criterios ingenieriles.

7. NOTAS

1. ATC, "Tentative Provisions for the Development of Seismic Regulations for Buildings", ATC-3-06, Applied Technology Council, Washington, (1978).

2. Bertero V.V., "Seismic Upgrading of Existing Structures", 10th World Conference on Earthquake Engineering, Madrid, (1992).
3. Bresler B., Okada T., Zisling D. & Bertero V.V., "Developing Methodologies for Evaluating the Earthquake Safety of Existing Buildings", PB-267-354, U.S. Dep. of Comm., UCB/EERC-77/06, (1977).
4. CEC, "Structures in Seismic Regions - Design. Eurocode 8", Commission of the European Communities, Bruselas, (1988).
5. COVENIN-FUNVISIS, "Edificaciones Antisísmicas", Norma 1756, (1982).
6. EERI, "Northridge Earthquake., January 17, 1994. Preliminary Reconnaissance Report" Publication No. 94-01, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, California, (1994).
7. EERI, "The Hyogo-Ken Nanbu Earthquake. Great Hanshin Earthquake Disaster. January 17, 1995. Preliminary Reconnaissance Report", Publication No. 95-04, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, California, (1995).
8. Fernández A., "Factores de Amplificación para Aceleración en Roca basados en las Condiciones Geotécnicas Locales", VIII Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sismorresistente, Mérida, (1993).
9. Grases J., "Fundamentos para la Elaboración del Nuevo Mapa de Zonificación Sísmica de Venezuela con Fines de Ingeniería.", FUNVISIS, Serie Técnica N° 05-84, Caracas, (1982).
10. Grases J., López O. A., Malaver A., Hernández J. J. & Ugas C. T., "The New Venezuelan Code For Earthquake Resistant Buildings", 8th World Conference on Earthquake Engineering, San Francisco, (1984).
11. Hernández J. J., "Incidencia en el Costo Estructural por Efectos de la Torsión en Planta según la Norma Antisísmica Venezolana", VIII Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sismorresistente, Mérida, (1993).
12. Hernández J., López O., Gutiérrez A. & Bonilla R., "Modificaciones propuestas en la Norma Sismorresistente de Edificaciones", Boletín Técnico, Vol. 34, N° 2, I.M.M.E., Caracas, (1996).
13. Hernández J., López O., Gutiérrez A. & Bonilla R., "Incorporación de las Estructuras de Acero en la Norma COVENIN 1756", Seminario 'E.M.P.L.', Sidetur, Caracas, (1996).
14. López O. A., Raven E. & Annicchiarico W., "Efecto de la Forma de la Planta en el Comportamiento Sísmico de Edificios", VIII Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sismorresistente, Mérida, (1993).
15. M.O.P., "Normas para el Cálculo de Edificios", (1947).
16. M.O.P., "Normas para el Cálculo de Edificios", (1955).
17. M.O.P., "Norma Provisional para Construcciones Antisísmicas", (1967).
18. NEHRP, "Recommended Provisions for the Development of Seismic Regulations for New Buildings", National Earthquake Hazards Reduction Program, Building Seismic Safety Council, FEMA, Washington, (1991).
19. Pincheira J. A., "Design Strategies for the Seismic Retrofit of Reinforced Concrete Frames", Earthquake Spectra, Vol. 9, N° 4, (1993).
20. Quijada P., Gajardo E., Franke M., Kozuch M. & Grases J., "Análisis de Amenaza Sísmica de Venezuela para el Nuevo Mapa de Zonificación con fines de Ingeniería", VIII Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sismorresistente, Mérida, (1993).
21. Ridell R., Hidalgo P. & Cruz E., "Response Modification Factor for Earthquake Resistant Design of Short Period Buildings", Earthquake Spectra, Vol. 5, N° 3, (1989).

Roberto Vainrub

Nacimiento de una empresa



- Capítulo I. Qué es un "Plan de Negocio" y para qué se utiliza
- Capítulo II. Una forma de escribir el plan
- Capítulo III. Contenido sugerido para la introducción al plan
- Capítulo IV. El plan de mercadeo
- Capítulo V. La planta
- Capítulo VI. La organización
- Capítulo VII. Las finanzas
- Capítulo VIII. Consideraciones finales

Evaluación de la capacidad de calidad de un proceso industrial, por métodos estadísticos

Autor: Ing. Angel Francisco Arvelo Luján

E-mail: farvelo@ucab.edu.ve

Este artículo es un resumen de la obra del mismo autor, y que se encuentra en proceso de edición por parte de la Universidad Católica Andrés Bello.

INTRODUCCIÓN

La actual crisis económica por la que atraviesa nuestro país, con la consecuente pérdida en la capacidad de compra de los consumidores, ha traído como consecuencia que muchas empresas industriales vean en la exportación una salida para su desarrollo.

Sin embargo, a la hora de tratar de penetrar los mercados internacionales, nuestras empresas se han encontrado con la dificultad de que allí, las normas de calidad son mucho más exigentes, y de obligatorio cumplimiento.

Así por ejemplo, el cumplimiento de las cláusulas establecidas en la Norma ISO- 9000 y sus anexos, ya es un requisito mundialmente exigido para cualquier empresa industrial o de servicios, que pretenda competir en los mercados de los países desarrollados.

Con el objeto de garantizarle a los consumidores y usuarios, que las empresas productoras y de servicios tienen un sistema de aseguramiento de la calidad, y que dicho sistema es permanente en el tiempo, ha aparecido la figura de las llamadas «Auditorías de Calidad», en donde un agente externo a la empresa certifica ante terceros, la existencia de este sistema de aseguramiento de la calidad, y que la empresa responderá ante el consumidor frente a cualquier problema derivado de la producción de alguna pieza defectuosa, o de alguna falla en la prestación del servicio.

Aunque las cláusulas previstas en la norma ISO - 9000, son de un carácter bastante general, y están enfocadas exclusivamente hacia el sistema y no hacia el

producto, algunas de ellas hacen mención a la necesidad de que la empresa cuente con la existencia de métodos estadísticos para el control de calidad, y sugiere la implantación de técnicas de muestreo para detectar a tiempo la aparición de cualquier tipo de fallas.

La aplicación de métodos de muestreo en la industria venezolana, ya era conocida aún antes de la aparición de la Norma ISO-9000, y así desde hace ya muchos años, COVENIN adoptó los planes de muestreo por atributos, conocidos como «Tablas Militares 105-D», como normas venezolanas.

Sin embargo, además de los planes de muestreo, otra evaluación muy importante en las auditorías de calidad, son los llamados estudios de capacidad o de habilidad de procesos, los cuales requieren de una metodología estadística.

Así por ejemplo, la Norma Venezolana Covenin 9004-90, en donde se dan los lineamientos para la «Gestión de Calidad», establece textualmente en su Título Nº 10 «Calidad en Producción», Sección 10.2 «Capacidad del Proceso», lo siguiente:

« A los procesos de producción se les debe verificar su capacidad para producir de acuerdo con las especificaciones establecidas para el producto. Deben ser identificadas las operaciones asociadas con las características del producto o proceso, que puedan tener efectos significativos sobre la calidad del producto. Se debe establecer un control apropiado para asegurar la permanencia de estas características dentro de las especificaciones y que se hayan realizado los cambios y modificaciones apropiadas.

La verificación de los procesos de producción debe incluir la revisión de los procedimientos relativos a material, equipo, sistemas de computación, procedimientos y el personal involucrado.»

El concepto de capacidad de procesos se refiere fundamentalmente a la disposición que tiene el proceso para cumplir con las especificaciones que le son impuestas por las normas, y así por ejemplo, si el proceso presenta un alto grado de variabilidad y las especificaciones son muy estrechas, entonces generará un alto porcentaje de piezas defectuosas, es decir fuera de especificación.

Si por el contrario, el proceso es muy preciso, y fabrica piezas con poco margen de variabilidad, entonces con calibraciones adecuadas, se podrá lograr que la totalidad de las piezas caigan dentro de las especificaciones exigidas, y el proceso se denominará capaz. Un proceso «capaz» es entonces, aquel que puede cumplir a cabalidad con los requisitos de calidad impuestos por las especificaciones.

El concepto de capacidad de procesos no es nuevo en los textos de «Control Estadístico de Calidad», pero sí es una novedad dentro del medio industrial venezolano. De hecho, antes de la aparición de la Norma ISO-9000, sólo era puesto en práctica por un limitado número de industrias, tales como las petroleras, la industria automotriz, y algunas transnacionales.

El objetivo del presente trabajo, es presentar de una manera clara y precisa, la metodología estadística necesaria para estimar la capacidad de cualquier proceso industrial que deba someterse a ciertas especificaciones externas, y puede ser de utilidad tanto para la empresa a fin de autoevaluarse, como para el auditor externo.

La metodología que aquí se presenta no es propia, de hecho aparece dispersa en buena parte de los textos de «Control Estadístico de Calidad». Considero que mi principal contribución es organizarla, y presentarla de una manera didáctica, a fin de que pueda ser fácilmente utilizada por las personas relacionadas con el tema.

He tratado de desarrollar la metodología conciliando dos aspectos : el práctico y el académico .

El aspecto práctico es sumamente importante puesto que este trabajo está dirigido a personas del medio industrial, a quienes les interesa principalmente el aspecto metodológico, con el fin de evaluar su proceso.

El aspecto académico es también para mí sumamente importante, ya que dada mi condición de Profesor Universitario, actividad a la que he dedicado gran parte de mi vida profesional por más de 27 años, no me sentiría satisfecho si me limitara a dar un «recetario» de fórmulas y procedimientos, sin justificación teórica alguna.

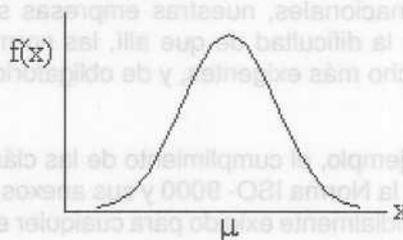
Para conciliar estos dos aspectos decidí dividir el trabajo en cinco capítulos ; los cuatro primeros se refieren exclusivamente a aspectos de carácter práctico que constituyen la esencia de la metodología, y en el quinto capítulo se da el fundamento teórico de la misma.

Este resumen no incluye los aspectos relativos a los fundamentos teóricos.

Sinceramente espero que el presente trabajo sea una contribución para el desarrollo del sector industrial venezolano, de utilidad para las personas relacionadas con el Control Estadístico de Calidad, y para aquellos estudiantes y profesionales interesados en conocer el porqué de las cosas.

DISTRIBUCIÓN NORMAL Y CAPACIDAD DE PROCESOS INDUSTRIALES

La Distribución Normal es la más importante de las distribuciones estadísticas, y representa un modelo teórico de comportamiento para una variable aleatoria continua «X», cuya función densidad de probabilidad viene dada por la expresión:



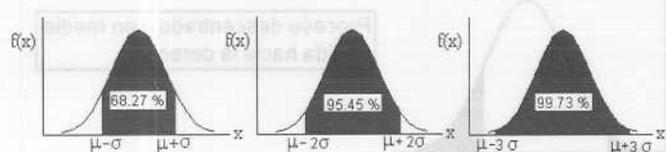
$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

En la expresión anterior, « μ » y « σ » representan los parámetros de la distribución, que reciben el nombre de media y desviación típica respectivamente, y definen en realidad una familia, pues al tomar diferentes valores obtendremos una nueva curva.

Los parámetros de la curva tienen una influencia determinante en su geometría, y así, el parámetro « μ » representa el eje de simetría o valor central de la distribución, mientras que el parámetro « σ », por ser una medida de la variabilidad en los valores de «X» con respecto a la media « μ », incide en su ancho; de manera que a un me-

nor valor de « σ », la curva se hace más estrecha al estar los valores de la variable más concentrados alrededor del valor de « μ », y a un mayor valor de « σ » obtendremos una curva más ancha, con una mayor dispersión de los valores de la variable con relación a la media.

La Distribución Normal tiene la propiedad de que en el intervalo ($\mu \pm \sigma$) existe una probabilidad de 68,27% de obtener una observación, en el intervalo ($\mu \pm 2\sigma$) una probabilidad de 95,45%, y en el intervalo ($\mu \pm 3\sigma$) un 99,73%.



Uno de los principales objetivos del Control Estadístico de Calidad es conocer los parámetros con que el proceso está produciendo las piezas, pues mediante su conocimiento se podrá determinar si se está en capacidad de cumplir con las especificaciones que le son exigidas al producto, y obviamente en la medida en que la desviación típica del proceso se reduzca, se obtendrá un proceso más estable y un producto más homogéneo.

VARIABILIDAD DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES

La Teoría de Control Estadístico de Calidad establece que en todo proceso industrial existen dos tipos de causas de variabilidad, que se conocen como comunes y asignables.

Las causas comunes constituyen la suma de los efectos de un conjunto total de causas aleatorias no controlables, que producen una variación en la calidad del producto manufacturado, y que son semejantes al conjunto de fuerzas que dan lugar a que una moneda caiga de uno u otro lado cuando es lanzada al aire. Con respecto a estas causas comunes, es poco lo que se puede hacer para reducirlas, debido a que son inherentes al proceso, a la precisión de las máquinas, etc. La desviación típica « σ » de la curva, es justamente el reflejo de la variabilidad debida a estas causas aleatorias.

Las causas asignables por el contrario, son debidas a la presencia de algunos factores que perturban el proceso, y que por si solos son capaces de explicar en gran medida la variabilidad en la calidad del producto. Entre estas causas podrían ser citadas como ejemplo,

diferencias entre las máquinas, diferencias entre los operarios, diferencias entre los materiales, etc.

El Control Estadístico de Procesos supone que si se estudia un grupo de datos y se encuentra que se ajustan a una Distribución Normal, entonces no existen causas asignables, y se dice que el proceso está bajo control estadístico debido a que es posible pronosticar con un alto grado de certeza su variabilidad.

Por el contrario, cuando los datos obtenidos del proceso no se ajustan a la Normal, se dice que están actuando una o más causas asignables, y que el proceso está fuera de control.

En la obra pueden encontrarse una serie de procedimientos prácticos, y pruebas, para verificar la normalidad del proceso.

CONCEPTO DE CAPACIDAD DE UN PROCESO INDUSTRIAL

El hecho de que un proceso industrial se encuentre bajo control estadístico no significa que va a producir artículos de calidad, lo que significa es simplemente que sobre su variabilidad están actuando solamente causas comunes, y es perfectamente posible que a pesar de hallarse bajo control, este margen de variabilidad sea tan amplio que le impida cumplir con las especificaciones exigidas por el consumidor.

Para poder controlar la calidad deben existir unas especificaciones, que son los límites entre los cuales debe caer una determinada característica cuantitativa para que se considere que el producto satisface los requisitos de calidad; así por ejemplo, cuando se exige que un eje debe tener un diámetro de (100.00 ± 0.25) mm, esto significa que su diámetro debe caer en el intervalo $(99.75 ; 100.25)$ mm para que cumpla con este requisito de calidad. Estos límites del intervalo definen lo que se denominan las especificaciones, y sus extremos, reciben el nombre de «límite inferior de especificación» y «límite superior de especificación», que en lo sucesivo se designarán por « L_i » y « L_s » respectivamente.

La diferencia entre esos límites se define como la tolerancia: $T = L_s - L_i$

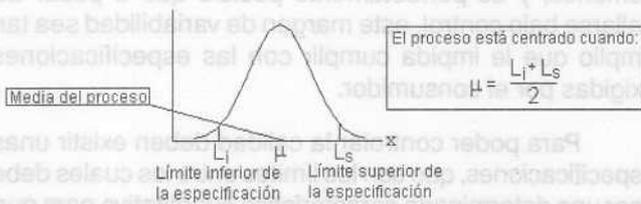
Resulta obvio que cuanto mayor sea la tolerancia de un producto, más fácil le resultará al proceso cumplir con las exigencias de calidad, puesto que el producto permite una mayor variabilidad; pero por el contrario, cuanto más pequeña sea la tolerancia, es más difícil cumplir

puesto que el margen de variabilidad es más estrecho, y por tanto más exigente.

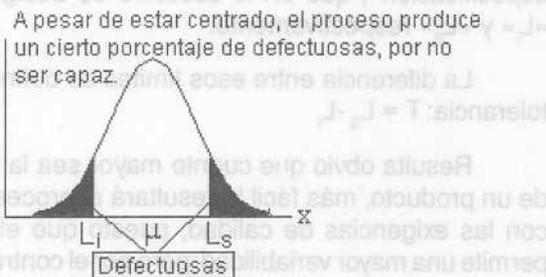
Hemos visto, que cuando un proceso está bajo control estadístico, los productos que fabrica se comportan según un modelo normal, y que entre los límites « $\mu-3\sigma$ » y « $\mu+3\sigma$ », debe caer entonces el 99.73% de la producción. De allí entonces, que resulte conveniente que un proceso trate de ubicarse entre estos límites, a fin de garantizar que la casi totalidad de la producción va a cumplir con la especificación.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que los parámetros « μ » y « σ » del proceso constituyen una característica propia del mismo. Su media « μ » generalmente puede ser fijada a voluntad, según ciertos ajustes y calibraciones que se le hagan a las máquinas, pero su desviación típica « σ » es mucho más difícil de modificar, puesto que depende de las causas comunes que lo afectan, tales como precisión de las máquinas, destreza de los operarios, etc.

Cuando la media « μ » del proceso coincide con el punto medio de las especificaciones, se dice que el proceso está centrado.

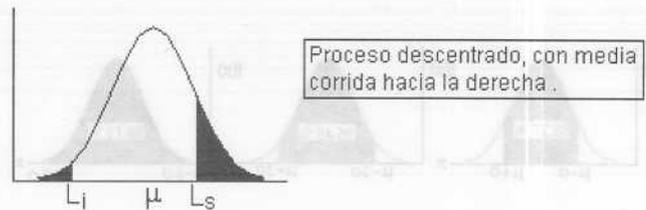


Centrar un proceso no es garantía de que la producción va a cumplir con las especificaciones, pues si los límites de especificación resultan más estrechos que los límites de variación $\pm 3\sigma$, entonces un cierto porcentaje de la producción va a resultar defectuosa, tal como se muestra en la figura:



Cuando un proceso está centrado, el porcentaje de piezas defectuosas se reparte por igual a ambos lados de la curva.

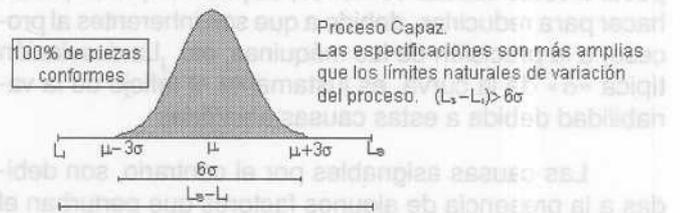
Cuando la media de un proceso no coincide con la media de la especificación, se dice que está descentrado o que la media está corrida, y en ese caso el porcentaje de piezas por encima del límite superior (defectuosas por exceso) es diferente de las que resultan por debajo del límite inferior (defectuosas por defecto).



Por lo general, en el Control de Calidad, se trata de mantener al proceso centrado, porque bajo esta situación, el porcentaje de piezas fuera de especificación es lo mínimo posible.

Hay situaciones especiales en que deliberadamente se provoca un corrimiento de la media y el proceso se descentra, debido a que por un extremo es posible corregir las piezas defectuosas, y por el otro extremo las piezas resultan inservibles. Cuando se presentan situaciones de esta naturaleza, la determinación del punto en que hay que colocar la media del proceso, depende del costo de la corrección, del costo de perder la pieza inservible, y de la utilidad que se obtenga por una pieza dentro de la especificación.

Se dice que un proceso es capaz, cuando los límites de la especificación resultan mas amplios que sus límites $\pm 3\sigma$, pues en este caso, de estar centrado el proceso, podremos garantizar que prácticamente el 100% de las piezas producidas cumple con la especificación exigida.



PROCESO CAPAZ CENTRADO

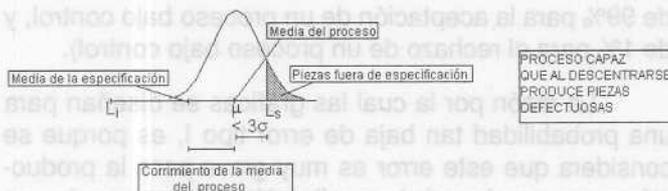
La capacidad del proceso es entonces la disposición que tiene para adaptarse a las especificaciones, y es por consiguiente una cualidad que debe exigírsele a todo proceso industrial, si se quiere garantizar la fabricación de piezas que cumplan los requisitos de calidad establecidos en las normas.

Para medir la capacidad del proceso es necesario comparar la amplitud de su intervalo natural de variación, que como se sabe es desde $\mu - 3\sigma$ hasta $\mu + 3\sigma$, lo que da una amplitud de 6σ , con la amplitud del intervalo de especificación $L_s - L_i$ que es «T» tolerancia de la especificación, y de allí que la medida utilizada para expresar la capacidad es el denominado «Coeficiente de Capacidad», C_p definido por:

$$C_p = \frac{L_s - L_i}{6\sigma} = \frac{T}{6\sigma}$$

Cuando $C_p \geq 1$, el proceso es capaz siempre que esté centrado, mientras que cuando $C_p < 1$, el proceso es incapaz aunque esté centrado, pues los límites de la especificación resultan demasiado estrechos en comparación con los límites de variabilidad natural del proceso, por efecto de las causas comunes.

El hecho de que un proceso sea capaz no significa sin embargo, que no deba ser controlado, pues si aparecen circunstancias externas que provoquen un corrimiento de la media y lo descentran, van a aparecer entonces un cierto porcentaje de defectuosas, en caso de que la distancia de la nueva media a uno de los límites de especificación sea inferior a 3σ , tal como se muestra en la figura:



Para detectar a tiempo estos corrimientos en la media, es por lo que los «Gráficos de Control», constituyen una herramienta muy útil en el Control de Procesos.

En conclusión, los estudios de capacidad denominados también de habilidad, tienen como objetivo el determinar si el proceso puede someterse a las especificaciones que le son impuestas, o si por el contrario, dichas especificaciones resultan demasiado estrictas para el proceso, y por consiguiente, deben ser ampliadas o debe recurrirse a otro proceso que sea más preciso.

GRÁFICAS DE CONTROL

Cuando la prueba de ajuste a la normal es aceptada, se dice que el Proceso está bajo control estadístico, es decir, que sobre él sólo están actuando causas comunes o aleatorias, y que la variabilidad encontrada entre las diferentes piezas es una variabilidad natural, propia del proceso.

La condición de estar bajo control estadístico, no es sin embargo permanente en el tiempo, y en cualquier momento pueden aparecer causas asignables como por ejemplo un cambio en la materia prima, un error del operador, un desajuste en la maquinaria, etc., que ocasionen una perturbación.

Un proceso puede dejar de estar bajo control estadístico por dos razones no excluyentes, por un corrimiento de la media, por una variación en su desviación, o por ambas.

Cualquiera de estas dos razones puede ocasionar que buena parte de la producción caiga fuera de especificación. Las técnicas de Control Estadístico de Procesos deben detectar a tiempo la presencia de estas causas asignables, a fin de tomar las medidas correctivas requeridas.

Por otro lado, cuando la prueba de ajuste es rechazada, existen entonces algunas observaciones muestrales que fueron tomadas bajo condiciones atípicas de operación.

Las pruebas de ajuste no proporcionan información acerca de cuales de las observaciones muestrales son las atípicas, y por lo tanto no permiten iniciar la investigación que permita identificar la causa asignable que actuó sobre el proceso. Por las razones antes expuestas, se hace necesario entonces desarrollar una metodología que alcance los siguientes objetivos:

1º) Identificar en la muestra inicial del proceso las observaciones atípicas, a fin de excluirlas de la muestra una vez encontradas las causas asignables, y no tomar

las en consideración para estimar los parámetros del proceso .

2º) Detectar a tiempo anomalías en el proceso, tanto corrimientos de la media, como incrementos en la desviación por encima de sus límites naturales, para impedir la producción de piezas fuera de especificación.

Las Gráficas de Control por variables vienen a ser la herramienta que permite alcanzar estos objetivos.

Las gráficas de control por variables se aplican exclusivamente cuando la característica de calidad puede ser expresada mediante una variable cuantitativa continua.

Un diagrama de control por variables es esencialmente una prueba de la hipótesis para verificar que el proceso esta bajo control estadístico.



GRÁFICA DE CONTROL PARA UN PROCESO BAJO CONTROL ESTADÍSTICO

La gráfica está formada por dos zonas; la de arriba se refiere a los límites de control para la media, la cual tiene dos bandas una superior y otra inferior, debido a que la prueba de hipótesis para la media es bilateral, y por lo tanto se rechaza cuando la muestra cae por debajo del límite inferior L.C.L (Abreviatura del inglés Lower Control Limit), o por arriba del límite superior U.C.L (Upper Control Límit). La línea central representa el punto en donde se estima que esta ubicada la media del proceso.

La zona de abajo representa el límite de control para la desviación del proceso, (generalmente se muestra en forma separada a la primera), y sirve para detectar el momento en que la variación del proceso se ha modificado de manera significativa.

Cuando se toma una muestra del proceso, se le calcula su media y su desviación (generalmente se toma el rango muestral como medida de dispersión), y cuando ambos valores caen dentro de sus respectivos límites de control, lo que estamos haciendo es aceptar la hipótesis de que el proceso está bajo control estadístico.

Cuando una muestra arroja un valor de la media muestral que se sale de sus límites de control, la gráfica nos advierte sobre la presencia de alguna causa asignable que ha provocado un corrimiento de la media.

Cuando la muestra arroja una desviación fuera de sus límite de control, la gráfica detecta una causa asignable que ha modificado la desviación del proceso. Una modificación por encima del límite superior debe ser motivo de preocupación, pues hace al producto mas heterogéneo y debe ser erradicada; mientras que una modificación por debajo del límite inferior (en caso de que exista) es beneficiosa para el proceso, pues lo hace más homogéneo, y de allí que sea importante detectar la causa asignable, para convertirla en un factor permanente dentro del proceso.

Como toda prueba de hipótesis, la gráfica de control esta sujeta a dos posibles errores:

Error tipo I : Rechazar una hipótesis verdadera, que en este caso significa concluir que el proceso está fuera de control cuando en realidad no lo está.

Error tipo II : Aceptar una hipótesis falsa, que en este caso significa concluir que el proceso esta bajo control cuando en realidad no es así.

Generalmente las gráficas de control se diseñan para una probabilidad de error tipo I muy baja, de apenas 0.27% , pues son del tipo $\pm 3\sigma$, y por tanto la probabilidad de que la muestra caiga entre los límites cuando en realidad el proceso está bajo control es de 99.73% . (En la práctica es frecuente decir que estas probabilidades son de 99% para la aceptación de un proceso bajo control, y de 1% para el rechazo de un proceso bajo control).

La razón por la cual las gráficas se diseñan para una probabilidad tan baja de error tipo I, es porque se considera que este error es muy grave para la producción, pues ocasionaría la paralización del proceso sin que exista un motivo real para ello ; y por este argumento se quiere tener la casi absoluta certeza de que cuando la muestra se salga de alguno de los límites de control es debido a que existe una evidencia muy significativa de que una causa asignable lo está perturbando.

Como la probabilidad de error tipo I es muy baja, la del tipo II puede resultar relativamente alta, especialmente cuando la muestra es pequeña, y por ello ocasionalmente puede ser útil representar la curva de operación, para saber la probabilidad que tiene el diagrama de control de detectar cambios en el proceso. Para una mayor información acerca del procedimiento para construir esta curva OC para los diagramas de control por variables, el lector puede consultar el Cap.21 del texto «Control de Calidad y Estadística Industrial», del autor Acheson J. Duncan.

Existen dos tipos de Gráficas de Control por variables, que se conocen como (\bar{X}, R) y (\bar{X}, S) según se utilice el rango muestral «R» o la desviación típica muestral «S» respectivamente, como medida de la dispersión del proceso.

En la práctica las gráficas (\bar{X}, R) son mucho más utilizadas, por la sencillez en el cálculo de «R» en comparación con el de «S», y porque al tomar tamaños de muestra pequeños, la eficiencia de ambos estimadores es prácticamente la misma.

ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO

Una vez que el proceso se encuentra bajo control estadístico, es posible obtener una estimación de sus parámetros, y a partir de allí hacer el análisis de las especificaciones, y el cálculo de los índices de capacidad.

El análisis de las especificaciones se hace de la siguiente manera:

Estimados los parámetros « μ » y « σ », se calcula:

L.N.I = Límite natural inferior estimado del proceso =

$$\hat{\mu} - 3 \hat{\sigma}$$

L.N.S = Límite natural superior estimado del proceso =

$$\hat{\mu} + 3 \hat{\sigma}$$

L_I = Límite inferior de especificación (Fijado externamente por las normas)

L_S = Límite superior de especificación (Fijado externamente por las normas)

y pueden presentarse las siguientes situaciones :

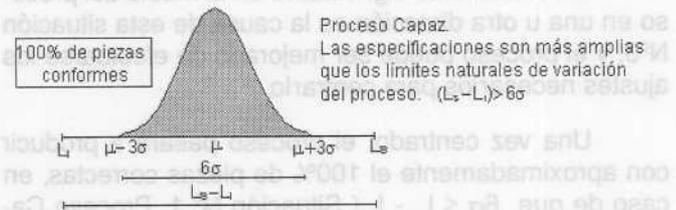
Situación N° 1 : El intervalo de variación natural del proceso está incluido en el intervalo definido por las es-

pecificaciones , es decir :

$$[L.N.I ; L.N.S] \subseteq [L_I ; L_S]$$

Esta situación es obviamente la ideal , y es la que identifica a un Proceso Capaz, pues aquí el proceso puede cómodamente cumplir con las especificaciones , y no habrá prácticamente piezas defectuosas.

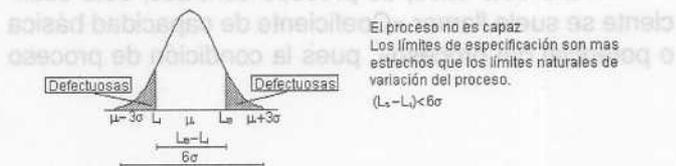
En esta situación no necesariamente el proceso está centrado.



De darse este caso , la única recomendación que se podría hacer es la de tratar de centrar el proceso, a fin de minimizar el riesgo de que por algún desajuste tanto en la media como en la desviación, se produzcan defectuosas.

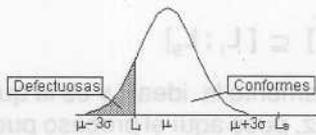
Situación N°2 : Las especificaciones están incluidas dentro del intervalo de variación natural del proceso , es decir: $[L_I ; L_S] \subseteq [L.N.I ; L.N.S]$

Este es el caso de un proceso no capaz , en donde las especificaciones resultan demasiado estrictas para su precisión , y por más esfuerzos de control que se hagan , el proceso va a producir un porcentaje apreciable de piezas defectuosas .



De encontrarse este caso , centrarlo no basta y las recomendaciones deben ser radicales , tales como cambiar las maquinarias por otras más precisas , entrenar mejor al personal , o negociar un cambio en las especificaciones por otras más amplias, pues al proceso le resulta imposible cumplir a cabalidad con las actuales.

Situación N°3 : Ninguno de los dos intervalos está incluido dentro del otro.



El proceso está descentrado. Las piezas conformes son las que se encuentran en la intersección del intervalo natural del proceso con el intervalo de especificación

Las piezas conformes son las que se encuentran en la intersección de ambos intervalos.

Un corrimiento significativo en la media del proceso en una u otra dirección es la causa de esta situación N°3, y el proceso puede ser mejorado de efectuarse los ajustes necesarios para centrarlo.

Una vez centrado, el proceso pasará a producir con aproximadamente el 100% de piezas correctas, en caso de que $6\sigma \leq L_s - L_i$ (Situación N° 1, Proceso Capaz), o pasará a producir con un porcentaje menor que el actual de piezas defectuosas (Situación N° 2, Proceso no Capaz) , en caso de que $6\sigma > L_s - L_i$.

Para estimar los coeficientes de capacidad hay que distinguir dos casos, y la metodología es la siguiente :

Caso N° 1 : Proceso Centrado.

Este caso ya fue definido anteriormente, y viene dado por:

$$C_p = \frac{L_s - L_i}{6\sigma} = \frac{\text{Tolerancia}}{6\sigma}$$

Para este caso, de proceso centrado, este coeficiente se suele llamar «Coeficiente de capacidad básica o potencial del proceso», pues la condición de proceso

centrado representa su estado óptimo de operación, en lo que a porcentaje de piezas conformes se refiere.

Por las consideraciones anteriores, « C_p » «Coeficiente de capacidad básica del proceso» representa también la capacidad potencial o máxima del proceso, y si $C_p < 1$, no es posible garantizar que la totalidad de las piezas producidas satisfacen la especificación.

El coeficiente « C_p » tiene también otra interpretación muy importante, pues su inverso $\frac{1}{C_p} \cdot 100\%$ representa el porcentaje de la banda de tolerancia que abarca los límites naturales de variación del proceso, cuando éste está centrado.

Así por ejemplo $C_p = 1.40$, se interpreta en primer lugar como una medida de que el proceso es capaz en caso de que esté centrado, y en segundo lugar, calculando su inverso expresado en porcentaje $\frac{1}{1.40} \cdot 100\% = 71,43\%$, puede ser interpretado como que los límites naturales de variación del proceso $[\mu - 3\sigma ; \mu + 3\sigma]$ representan el 71.43 % de los límites de especificación.

Evidentemente cuando $C_p < 1$, su inverso expresado en porcentaje es mayor que el 100% , y esto se interpreta como que los límites naturales de variación del proceso son más amplios que los límites de especificación , y en consecuencia el proceso no puede cumplirlas a cabalidad.

A partir del valor estimado de « C_p », y con la ayuda de las tablas normales, se puede estimar el número esperado de piezas defectuosas que producirá el proceso, según la siguiente tabla:

NUMERO ESPERADO DE PIEZAS DEFECTUOSAS POR CADA MILLON DE PIEZAS PRODUCIDAS

Valor de Cp	ESPECIFICACIONES UNILATERALES	ESPECIFICACIONES BILATERALES
0,50	66.800,00	133.600,00
0,75	12.200,00	24.400,00
1,00	1.350,00	2.700,00
1,10	483,00	966,00
1,20	159,00	318,00
1,30	48,00	96,00
1,40	13,00	26,00
1,50	3,40	6,80
1,60	0,80	1,60
1,70	0,17	0,34
1,80	0,03	0,06
2,00	0,0009	0,0018

Caso N° 2 : Proceso no centrado .

Quando el proceso no está centrado , el porcentaje de piezas conformes no es máximo , pero esto no implica que el proceso no sea capaz , pues puede suceder que las especificaciones le resulten tan amplias que a pesar del corrimiento de la media , la casi totalidad de las piezas caigan dentro de la especificación .

Tal situación se muestra en la siguiente figura :



Quando el coeficiente de capacidad se calcula para un proceso no centrado se designa por «C_{PK}», y recibe el nombre de «Coeficiente de Capacidad Real», pues refle-

ja las condiciones reales de operación; mientras que el anterior «C_p» es para la condición ideal de proceso centrado.

Para estimar «C_{PK}», es necesario identificar primero si la media del proceso está corrida hacia la izquierda o hacia la derecha , y para ello es hay que calcular las diferencias «μ - L_i», y «L_s - μ».

La menor de tales diferencias indica respectivamente la dirección del corrimiento de la media del proceso, pues evidentemente cuando se produce un corrimiento hacia la derecha entonces la media del proceso está más cerca del límite superior de especificación que del límite inferior; y viceversa.

Si la menor de las diferencias es «μ - L_i», la media está corrida hacia la izquierda, y de resultar «L_s - μ» la menor, entonces el corrimiento es a la derecha.

Para que el proceso sea capaz en este caso no centrado, la distancia de la media del proceso a su límite más cercano de especificación debe ser mayor que 3σ, pues de no ser así , habrá un cierto porcentaje de piezas fuera de especificación.

El coeficiente de capacidad real del proceso, se define por la siguiente expresión:

$$C_{PK} = \text{mínimo entre } \left\{ \frac{L_s - \mu}{3\sigma} ; \frac{\mu - L_i}{3\sigma} \right\}$$

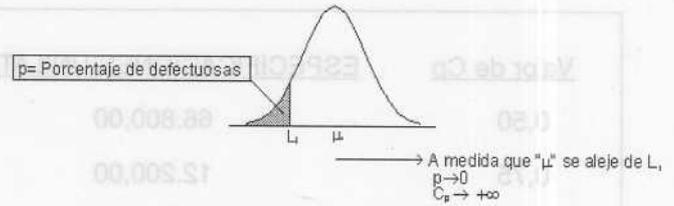
La interpretación que tiene este coeficiente es similar al del caso centrado, ya que cuando $C_{PK} < 1$, esto significa que la media del proceso se encuentra a menos de tres desviaciones típicas del límite de especificación más cercano, y por tanto el proceso no es capaz.

Como $C_{PK} \leq C_p$, un valor de $C_{PK} < 1$, con uno de $C_p \geq 1$, indica que el proceso no es capaz bajo las condiciones actuales de operación porque la media está muy corrida, pero que de tomarse las medidas correctivas necesarias para centrarlo, el proceso llegará a ser capaz.

Esta es la gran diferencia entre estos dos coeficientes, « C_p » representa el valor máximo de la capacidad del proceso y no puede ser mejorado a menos que se apliquen medidas radicales o se cambien las especificaciones; mientras que « C_{PK} » es una medida de la capacidad actual, susceptible de mejoras con simples ajustes a las maquinarias que centren el proceso.

Algunos textos y programas de computación hacen la distinción entre un C_{PK} para el límite inferior, y otro C_{PK} para el límite superior, los definen como C_{PKI} y C_{PKS} respectivamente, y luego definen el "Coeficiente de Capacidad Real" C_{PK} para el proceso como el menor valor entre los dos, lo cual es obviamente equivalente a lo anterior.

En el caso de especificaciones unilaterales, no es aplicable el concepto de Proceso Centrado, y resulta obvio que a medida que la media del proceso se aleje en sentido contrario del límite único de especificación, el proceso es más capaz, pues el porcentaje de defectuosas disminuye, tal como se muestra en la figura siguiente para la situación de una sola especificación inferior:



La capacidad potencial « C_p » no existe en esto casos, debido a que no hay un valor máximo para la capacidad del proceso. Cuanto más se aleje la media del proceso del límite único de especificación, mayor será su capacidad.

Para calcular la Capacidad real « C_{PK} », sólo interesa la distancia de la media al único límite de especificación existente, la cual debe ser mayor que « 3σ », para que el proceso sea considerado capaz.

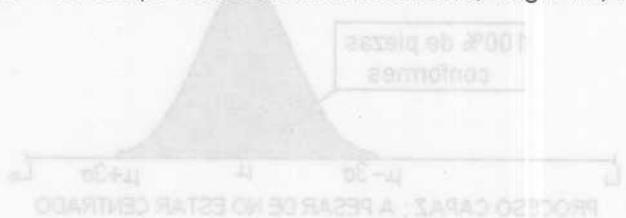
$$C_{PK} = \frac{L_s - \mu}{3\sigma} \quad (\text{Sólo la especificación superior})$$

$$C_{PK} = \frac{\mu - L_i}{3\sigma} \quad (\text{Sólo la especificación inferior})$$

La estimación de la capacidad del proceso se hace al igual que antes, a partir de los parámetros estimados del proceso bajo control.

Con relación al valor mínimo que pueden tomar estos coeficientes para los fines de aprobación de una auditoría de calidad, es conveniente aclarar que la Norma ISO - 9000 es muy general y no los establece; solamente consagra la conveniencia de que el proceso de producción sea capaz. (Véase en la «Introducción», el texto exacto de la norma).

Sin embargo, algunos autores, tales como Douglas C. Montgomery en su texto «Control Estadístico de Calidad» del Grupo Editorial Iberoamericana, Pag. 242, re-



Cuando el coeficiente de capacidad se calcula para un proceso no centrado se designa por « C_{PK} », y recibe el nombre de «Coeficiente de Capacidad Real», pues refle-

comienda algunos valores mínimos para el coeficiente « C_{PK} », en función del tipo de proceso, y de la incidencia que tenga la característica de calidad en la seguridad del usuario o en la calidad del producto terminado.

Los valores mínimos para « C_{PK} », recomendados por el Dr. Douglas Montgomery son:

	Espefic.	Espefic.
	Unilaterales	Bilaterales
Procesos existentes	1.33	1.25
Procesos nuevos	1.50	1.45
Parámetro de seguridad, de resistencia, o crítico del proceso existente.	1.50	1.45
Parámetro de seguridad, de resistencia, o crítico del proceso nuevo	1.67	1.60

Se entiende por característica de seguridad aquella cuya falta de cumplimiento pueda ocasionar daños físicos al usuario tales como por ejemplo, la resistencia de un material.

Se entiende por parámetro crítico aquel cuya falta de cumplimiento ocasiona que el producto terminado sea declarado como inservible.

El valor $C_p = 1.33$ corresponde a un proceso centrado con límites de especificación de $\pm 4\sigma$, mientras que el de $C_p = 1.67$ para $\pm 5\sigma$.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1º) Para realizar un estudio de capacidad es requisito indispensable elaborar como paso previo un gráfico de control, con el objeto de verificar la estabilidad del proceso.

En general, es preferible utilizar un gráfico (\bar{X} , R) a menos que por razones técnicas sea necesario mantener un control más estricto sobre la variabilidad del proceso, en cuyo caso debe utilizarse uno (\bar{X} , S).

La formación de subgrupos debe hacerse de manera que cada uno de ellos sea lo más homogéneo posible, y que exista una gran probabilidad de variación de un subgrupo a otro, para lo cual es recomendable tomar las muestras de cada subgrupo a partir de la producción de un período breve de tiempo, o de un mismo lote.

2º) Existen dos metodologías importantes para evaluar la capacidad de un proceso de producción, que son:

a) A partir del gráfico de control.

b) A partir del histograma (Esta metodología no se explica en este resumen).

Ambas metodologías tienen ciertas limitaciones en su fundamentación teórica, y por ser complementarias, lo recomendable es utilizar ambas, a fin de obtener una mejor estimación de la capacidad del proceso.

Una evaluación hecha por una sola de las metodologías, tiene el inconveniente de estar basada en unos supuestos, de los cuales no se tiene una razonable certeza, de que el proceso o la muestra los cumple.

3º) No existen en las Normas ISO-9000 señalamientos acerca de la metodología a seguir para evaluar la capacidad del proceso, ni tampoco acerca de los valores mínimos exigidos para los indicadores de su capacidad.

Lo recomendable es que el organismo competente señale pautas sobre el particular, ya que actualmente la certificación de la capacidad del proceso, a los fines de dar cumplimiento a lo previsto en la Norma ISO-9000, queda a criterio del auditor.

4º) Los indicadores de capacidad deberían ser estimados por intervalos, y la certificación de capacidad mediante pruebas de hipótesis.

Esta recomendación permitiría que el auditor tome una decisión más racional con relación a la certificación de capacidad.

Como este problema se encuentra en fase de desarrollo, una recomendación para las Universidades e Institutos de Investigación, es que inicien un análisis más a fondo del problema, a fin de desarrollar una nueva metodología que permita establecer de una manera más pre-

cisa que la actual, los requisitos que debe reunir un proceso de producción, para que le sea concedida la certificación de capacidad.

5º) La condición óptima de operación de un proceso es cuando está centrado, pues en este punto su capacidad de calidad es máxima.

En conclusión, los responsables de la calidad del proceso deben canalizar su esfuerzos para tratar de lograr un proceso centrado; con la única excepción de la situación en que el costo de corregir una pieza defectuosa es diferente para cada extremo.

6º) Es recomendable la realización de experimentos con el proceso, a fin de poder detectar los factores que lo afectan de manera significativa, y reducir así su variabilidad.

La cláusula de la Norma ISO-9000 (ver Introducción) así lo sugiere, y por lo tanto un estudio de capacidad solamente, no es suficiente para dar cumplimiento a lo establecido en ella.

7º) La revisión de las especificaciones del proceso es también otra recomendación muy importante, pues el estudio de capacidad supone que son conocidas.

Un error en la fijación de las especificaciones ocasiona consecuencias gravísimas en la evaluación de la capacidad del proceso, y por ello es muy importante que estén perfectamente definidas.

8º) Otra recomendación importante para las empresas de producción, es la que se refiere a la formación de su personal en Métodos Estadísticos.

A lo largo de toda la obra hemos visto como la evaluación de capacidad exige el manejo de numerosas destrezas en técnicas estadísticas, para cuya realización se requiere un entrenamiento adecuado del personal.

Esta recomendación es extensible también a las Facultades de Ingeniería, ya que en los planes de estudio de las diversas especialidades de Ingeniería, es frecuente encontrar que la enseñanza de la Estadística no existe, o está minimizada.

Si se toma en consideración que el Ingeniero es por lo general, el profesional llamado a gerenciar los procesos de producción, resulta obvio que para poder establecer metas de calidad en la producción industrial, debe fortalecerse su formación en esta disciplina.

COMENTARIO FINAL

Un estudio de capacidad no puede ser visto como un hecho aislado con el propósito de aprobar una auditoría, y lograr una certificación de calidad; debe formar parte de un programa continuo de mejoramiento de la calidad, en donde el liderazgo gerencial es de vital importancia.

Las técnicas de control y mejoramiento de procesos no son métodos que se aplican una vez, sólo cuando el proceso está en problemas, sino que deben tener un carácter permanente, para lo cual se requiere el apoyo decidido de la gerencia.

La participación y el compromiso de la gerencia constituyen el paso más importante en todo el proceso de mejoramiento. La gerencia desempeña un papel modelo, y el resto de la organización la considerará como guía y ejemplo.

El trabajo en equipo es también muy importante, pues la identificación de los factores que afectan el comportamiento del proceso requiere del concurso de todo el personal involucrado.

Una de las tareas clave en la aplicación de los diagramas de control estadístico, es la determinación de las variables apropiadas sobre las cuales se debe aplicar el control, así como también los puntos del proceso de producción, en los que debe establecerse el control; y para ello se requiere de un adecuado trabajo en equipo.

Un programa de Control Estadístico de Procesos debe reunir los siguientes requisitos para que pueda tener éxito:

1. Liderazgo gerencial.
2. Trabajo en equipo.
3. Educación del personal a todos los niveles.
4. Énfasis en el mejoramiento continuo.

Todos los miembros de la gerencia y del equipo, deben recibir capacitación relativa a las herramientas apropiadas para el mejoramiento del proceso.

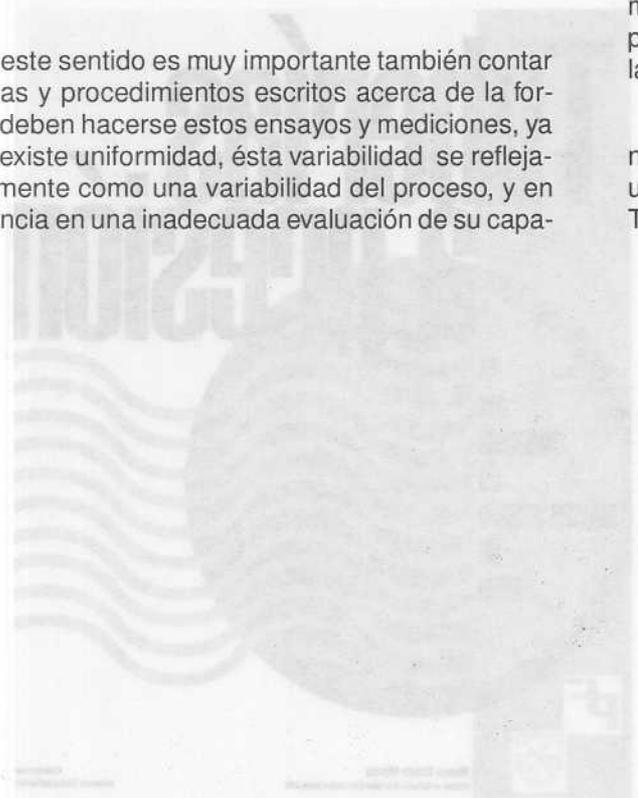
Un diagrama de flujo del proceso para mejorar su entendimiento acerca de la forma como opera, es un buen método para analizarlo, y para establecer los puntos donde podrían aplicarse con provecho los controles.

También es importante desarrollar criterios de medición relativos a las variables claves, para lo cual se debe contar con equipos de laboratorio adecuadamente calibrados.

En este sentido es muy importante también contar con normas y procedimientos escritos acerca de la forma como deben hacerse estos ensayos y mediciones, ya que si no existe uniformidad, ésta variabilidad se reflejará injustamente como una variabilidad del proceso, y en consecuencia en una inadecuada evaluación de su capacidad.

Por último, es importante recordar que el contenido de esta obra sólo considera los aspectos relativos al estudio de capacidad, pero que esto es sólo uno de los muchos aspectos que evalúa la Norma ISO-9000, y que por lo tanto su cumplimiento no garantiza la obtención de la correspondiente certificación de calidad.

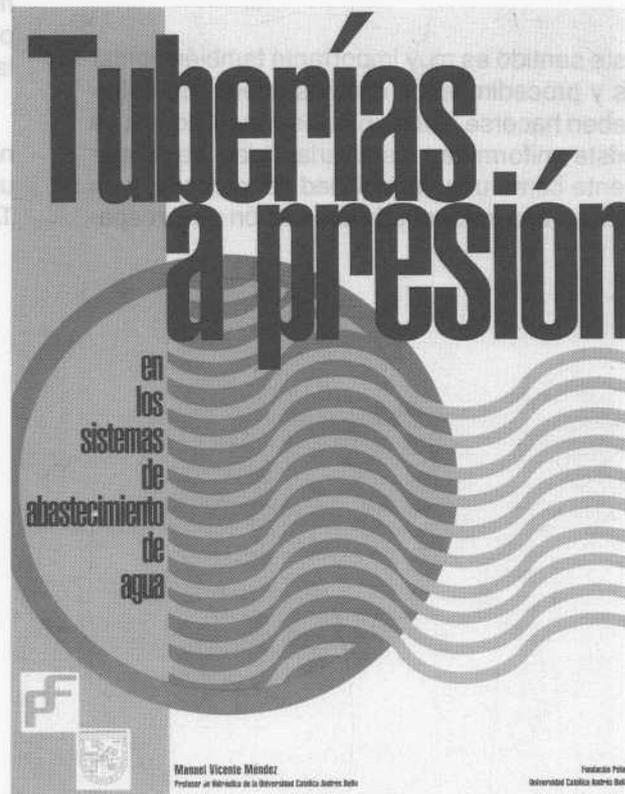
La evaluación del sistema de calidad hecho por la norma ISO-9000 es muchísimo más amplia, y obedece a un concepto más global como es el de CALIDAD TOTAL.



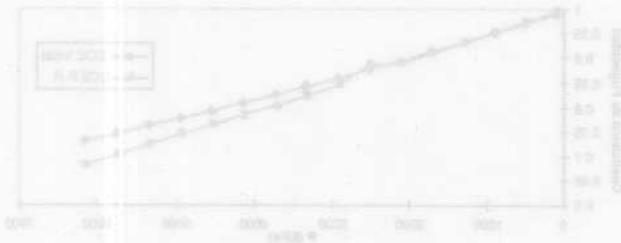
- Organización del proyecto integral de aducciones
- El factor económico en el diseño de aducciones
- Obras, dispositivos complementarios en el proyecto de tuberías de tuberías en los sistemas de abastecimiento de agua
- Clases de comportamiento estructural, protección y selección de tuberías
- Consideraciones sobre el golpe de ariete en el diseño de tuberías
- Cálculo hidráulico del régimen permanente en tuberías
- Dispositivos de medición en tuberías a presión
- Hidromecánica general de las bombas centrífugas
- Válvulas en los sistemas de abastecimiento de agua
- Conceptos hidráulicos del flujo a presión

Manuel Vicente Méndez

Tuberías a Presión



- Conceptos Hidráulicos del flujo a presión
- Válvulas en los sistemas de abastecimiento de agua
- Hidromecánica general de las bombas centrífugas
- Dispositivos de medición en tuberías a presión
- Cálculo hidráulico del régimen permanente en tuberías
- Consideraciones sobre el golpe de ariete en el diseño de tuberías
- Clases de comportamiento estructural, protección y selección de tuberías en los sistemas de abastecimiento de agua
- Obras, dispositivos complementarios en el proyecto de tuberías
- El factor económico en el diseño de aducciones
- Organización del proyecto integral de aducciones



Sabemos que una ecuación de estado es una expresión analítica para la relación funcional,

$$f(P, V, T) = 0 \tag{1}$$

y que la más simple de estas relaciones es la Ley de Gas Ideal,

$$PV = RT \tag{2}$$

con la cual puede trabajarse con buena precisión si el gas se encuentra a bajas presiones y altas temperaturas.

Pero cuando las condiciones de presión y temperatura actuales no permiten utilizar la Ley de Gas Ideal, se presenta la duda de cuál sería la ecuación de estado a utilizar que se ajustaría mejor a nuestras necesidades, teniendo siempre en cuenta la relación de compromiso entre utilizar una ecuación sencilla (cúbica o de dos constantes) lo cual implica rapidez en los cálculos matemáticos ó una ecuación con un mayor número de constantes que nos da en teoría una mayor exactitud en los resultados pero que nos hace los cálculos mucho más complejos.

Haciendo un ejercicio para calcular coeficientes de fugacidad para sustancias puras a presiones entre moderadas y altas, se decidió probar con dos ecuaciones de estado del primer tipo (sencillas y de cálculos rápidos), ellas fueron la Ecuación Virial generalizada trunca da en el segundo coeficiente y la ecuación de estado de Peng-Robinson.

Las Ecuaciones de Estado Viriales son las únicas que tienen una firme base teórica y han sido derivadas de los métodos de mecánica estadística. Hay dos tipos de expansiones viriales:

Ventajas de la ecuación de estado de Peng-Robinson

por J. Lascurain y N. Márquez

En volumen:

$$Z = 1 + \frac{B}{V} + \frac{C}{V^2} + \frac{D}{V^3} + \dots \tag{3}$$

y en presión:

$$Z = 1 + B'P + C'P^2 + D'P^3 + \dots \tag{4}$$

estas ecuaciones se trabajan truncadas hasta el segundo o tercer término, dependiendo de la exactitud deseada en los resultados y la data disponible en relación al cálculo de los coeficientes viriales, los coeficientes de ambas expresiones se relacionan por:

$$B' = \frac{B}{RT} \text{ y } C' = \frac{C - B^2}{(RT)^2} \tag{5}$$

Para los cálculos que se presentan a continuación se trabajo con la expansión en presión truncada hasta el segundo término, la cuál queda de la forma

$$Z = 1 + \frac{BP}{RT} \tag{6}$$

Si se quiere calcular el coeficiente de fugacidad de una sustancia pura y se supone que esta sustancia obedece la ecuación de estado virial, se tiene que:

A temperatura constante:

$$\ln \phi = \int_0^P (Z - 1) \frac{dP}{P} = \int_0^P \frac{BP}{RT} \cdot \frac{dP}{P} = \frac{BP}{RT} \tag{7}$$

donde el segundo coeficiente virial B se calcula por las correlaciones generalizadas de Pitzer.

La ecuación de Peng-Robinson es una ecuación de dos constantes de la forma:

$$P = \frac{RT}{V - b} - \frac{a(T)}{V(V + b) + b(V - B)} \quad (8)$$

la cual puede reescribirse como

$$Z^3 - (1 - B)Z^2 + (A - 3B^2 - 2B)Z - (AB - B^2 - B^3) = 0 \quad (9)$$

donde

$$A = \frac{aP}{R^2T^2} \quad (10)$$

$$B = \frac{bP}{RT} \quad (11)$$

$$Z = \frac{PV}{RT} \quad (12)$$

El cálculo del coeficiente de fugacidad para sustancias puras queda de la siguiente forma:

A temperatura constante:

$$\ln \phi = \int_0^P (Z - 1) \frac{dP}{P} = \int_0^P \left(\frac{V}{RT} - \frac{1}{P} \right) \cdot dP = Z - 1 - \ln(Z - B) - \frac{A}{2\sqrt{2}B} \cdot \ln \left(\frac{Z + 2.414B}{Z - 0.414B} \right) \quad (13)$$

donde Z se evalúa a partir de (9), A y B son funciones de a y b, y estos a su vez de las propiedades críticas del gas.

Realizando el cálculo de los coeficientes de fugacidad en función de la presión para el metano (CH₄) y el dióxido de carbono (CO₂) por medio de estas dos ecuaciones se obtienen los siguientes resultados:

Variación del coeficiente de fugacidad del CO₂ con la presión

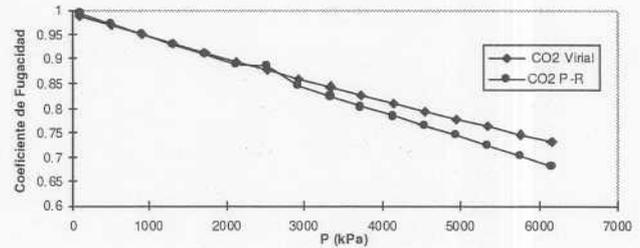


Figura 2. Variación del coeficiente de fugacidad del CO₂ con la presión.

Como puede verse en ambas figuras a medida que la presión aumenta el comportamiento del gas se desvía más del comportamiento ideal como es de esperarse. Esta desviación es por supuesto mayor para el CO₂ que para el CH₄ por el carácter polar de la molécula. La ecuación de Peng-Robinson predice valores para los coeficientes de fugacidad menores que la ecuación virial, lo que indica aún una mayor desviación con respecto al comportamiento ideal.

En la figura 2 se observa que la ecuación de Peng-Robinson es capaz de predecir irregularidades en los valores del coeficiente de fugacidad para el CO₂, los cuales pasan desapercibidos para la ecuación Virial.

De estos resultados se concluye que cuando se trabaje con gases polares, como por ejemplo el caso específico del CO₂, se recomienda trabajar con la ecuación de estado de Peng-Robinson, la cual sin complicar demasiado los cálculos matemáticos se ajusta bastante bien al comportamiento de este tipo de gases.

Esta investigación tiene aplicación fundamental en la permeación de gases a través de membranas sintéticas.

BIBLIOGRAFÍA:

Peng, D-Y, D.B. Robinson. "A new two-constant equation of state". Ind. Eng. Chem. Fundam., 12, 1, 59-64 (1976).
 Perry, R.H., C.H. Chilton. "Chemical engineers' handbook". Fifth edition, MacGraw-Hill Book Company, (1973) m, pág. 4-58 al 4-61.

Variación del coeficiente de fugacidad del CH₄ con la presión

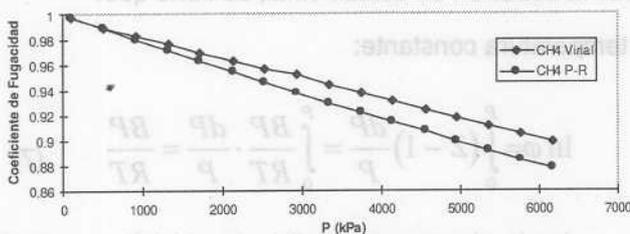


Figura 1. Variación del coeficiente de fugacidad del CH₄ con la presión.

Smith, J.M., H.C. Van Ness. "Introducción a la termodinámica en ingeniería química". Segunda Edición, MacGraw-Hill, México, (1980). pág. 68-72, 244-250.

El presente trabajo fué entregado a la Redacción de la Revista, para su para su publicación, el día 09-12-97.



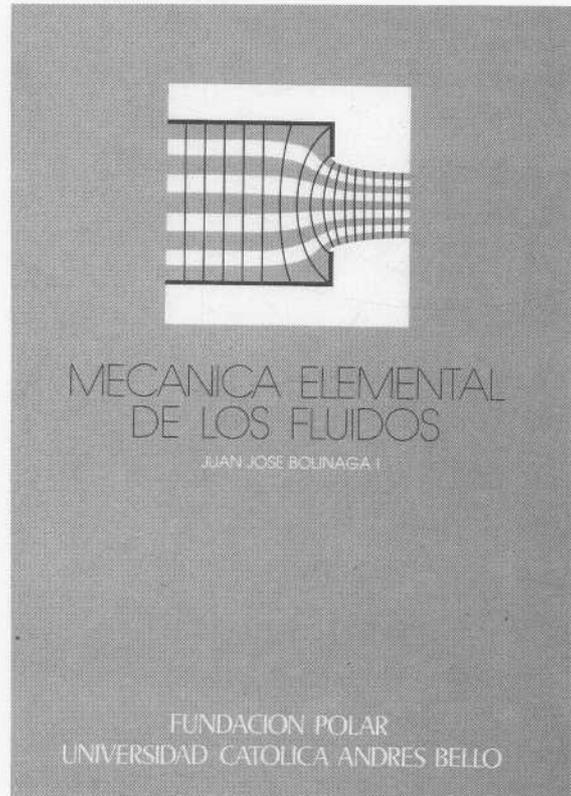
Juan José Bolinaga I.

Mecánica elemental
de los fluidos

- Dinámica de los fluidos compresibles
- Flujo con superficie libre
- Flujo confinado en tuberías
- Análisis dimensional y similitud
- Dinámica de los fluidos
- Análisis Unidimensional de los fluidos ideales incompresibles
- Dinámica de los fluidos ideales incompresibles
- Cinemática de los fluidos
- Estática de los fluidos

Juan José Bolinaga I.

**Mecánica elemental
de los fluidos**



- Estática de los fluidos
- Cinemática de los fluidos
- Dinámica de los fluidos ideales incompresibles
- Analisis Unidimensional de los fluidos ideales incompresibles
- Dinámica de los fluidos
- Análisis dimensional y similitud
- Flujo confinado en tuberías
- Flujo con superficie libre
- Dinámica de los fluidos compresibles

su experiencia o consulta a fuentes autorizadas, en todo tipo de detalles, sólo pretende ilustrar algunos aspectos que pueden ser fuente de problemas a la hora de considerarse a los sistemas de Mantenimiento Productivo Total, comentario que desde hace algunos años es motivo de discusión y vista como parámetro para las empresas industriales y vistas como respuesta a la conservación de los activos, sin conocer a fondo la filosofía en cuestión data de los años 70.

No está mal el buscar abordar en la forma más rápida y expedita esta filosofía de trabajo y sus técnicas, para poder considerarse a la luz de lo antes expuesto.

El presente artículo es producto de una serie de reflexiones acerca del papel que tiene la función mantenimiento en la gran mayoría de las empresas, entendiendo ésta como generadora de bienes y servicios. La función mantenimiento no es sólo un problema técnico, sino un problema que involucra a toda la organización y cada vez cobra más importancia en la gestión empresarial como aporte a la racionalización de los costos operativos y elemento fundamental en la mejora del desempeño general con miras a mejorar competitividad y productividad en un ambiente donde era fácil y práctico el reemplazar equipos sólo porque existía la facilidad que proporcionaba la bonanza económica y el proteccionismo estatal a nuestras empresas, apoyaba estas prácticas. Al cambiar la situación económica, la liberación de mercados, la competencia de productos extranjeros mejores en precio y calidad, y el deterioro progresivo del sector manufacturero nos hace reflexionar sobre la siguiente pregunta: ¿Por qué los planes de mantenimiento no funcionan?

A esta pregunta, pueden existir múltiples y variadas respuestas, dependiendo de la experiencia de las personas a las cuales se le pueda hacer, la complejidad de los procesos productivos, equipos, la cultura organizacional, etc., entre las cuales se puede mencionar:

- 1) Ausencia de registros históricos. Nuestras empresas se caracterizan por la ausencia de registros históricos, no sólo en el área de mantenimiento sino en lo que respecta a controles de producción, esta situación plantea que en ausencia de información la capacidad de toma de decisiones se verá severamente afectada.
- 2) El Mantenimiento no está visto como una variable de Diseño. Este punto no sólo es extensivo a los equipos, muchos de ellos operan bajo condiciones para las cuales NO FUERON DISEÑADOS, sino que también afecta a los diseños de líneas de producción, lay-out, etc., donde los conceptos de efectividad de sistemas (disponibilidad,

Generalmente se ignoran los elementos de toma de decisión sobre los parámetros que rigen el comportamiento del sistema objeto del estudio.

Muchas empresas tienen como norma, dadas en forma de procedimiento, el apoyar o apoyar recursos a áreas de mantenimiento, invertir en un plan de mantenimiento a la espera de incrementar las ventas, durante el ciclo sea temporal, a que se destine el recurso que requiere el área de mantenimiento, donde un plan de transformación puede tardar años antes de que se

fiabilidad, mantenibilidad), son ignorados. La prioridad del diseño la dará el proceso que se espera se ejecute en determinada línea de producción. Este elemento origina que en una instalación existan equipos similares de marcas diferentes, instalaciones inaccesibles, arreglos entre equipos que no respetan parámetros homologados obligando al ejecutor de la actividad de mantenimiento a operar de manera diferente en cada activo, sin hablar de que en algún momento existirán stock duplicados y otros elementos que complican la gestión.

3) El Mantenimiento no está visto como una inversión, sino como un gasto, bajo esta óptica cualquier recurso que se requiera en el área resultará una carga en el flujo de caja operativo, de manera que la alta gerencia tratará de diferir en lo posible los costos asociados al mantenimiento hasta que no quede más remedio, inversiones en la estructura organizativa, equipos, repuestos, planes de mejora de diseño, modificaciones ó actualizaciones de activos, etc.

4) Organizativamente es muy difícil lograr el correcto efecto sinérgico entre producción y mantenimiento, a fin de que apunten hacia el objetivo común de incrementar el valor agregado a los insumos que procesan, situación que origina que materialmente sea imposible que se puedan ejecutar actividades de mantenimiento preventivo en horas de producción, quedando estas relegadas a ser realizadas en el mejor de los casos en horas de sobretiempo o en turnos adicionales, esta situación se observa incluso en empresas con gran tradición en la gestión de mantenimiento.

5) En los lugares donde si se puede decir que existe un plan de mantenimiento, los mecanismos de seguimiento de los planes normalmente están subdimensionados frente a la carga de trabajo que estos generan, procesamiento de información, reportes, índices, control presupuestario, etc., corriendo el riesgo de que la capacidad de respuesta se torna lenta e ineficiente, quedando la

Gerencia desprovista de elementos de toma de decisiones sobre los parámetros que rigen el comportamiento del sistema objeto del estudio.

6) Muchas empresas tienen como norma, quizás en forma inconsciente, el apoyar o aportar recursos a áreas que tengan alta probabilidad de producir una mejora en los resultados en el muy corto plazo, es decir se prefiere, probablemente por presiones del entorno, invertir en un plan de mercadeo a la espera de incrementar las ventas, aunque el efecto sea temporal, a que se destine el recurso que requiere el área de mantenimiento, donde un plan de transformación puede tardar años antes de que proporcione algún beneficio tangible, aunque ciertos resultados pueden palparse de inmediato.

7) Las estructuras organizativas que soportan la gestión normalmente no se corresponden con la carga de trabajo que tiene asignada el departamento de mantenimiento.

8) Desde el punto de vista del responsable de la gestión existe la tendencia a creer que se es especialmente autosuficiente, "el trabajo hecho en casa es siempre mejor", cerrando las puertas al hecho de que el mantenimiento es un campo tan amplio que hoy en día puede decirse que es una actividad multidisciplinaria. Este es el inicio de una gran carrera hacia el fracaso.

9) Escasa tendencia a la continuidad, en aquellas posiciones donde un responsable de la gestión de mantenimiento es reemplazado o abandona voluntariamente la posición, el nuevo responsable tiende a menospreciar los esfuerzos realizados que, por muy deficientes que hayan sido estos constituyen experiencia que debe ser cuidadosamente analizada y donde debe aprenderse de cada situación, ya que la falla del gerente probablemente obedece a fallas de la estructura de la empresa y la visión de la alta gerencia hacia la gestión de mantenimiento.

10) Desde una óptica cultural, es un hecho que la disciplina que requiere esta exigente área de desempeño, no ha sido suficientemente divulgada en nuestro sistema educativo.

11) Desde el punto de vista de normativa legal, existe un gran vacío de políticas corporativas, a pesar de que nuestra Legislación tiene previstos instrumentos y organizaciones (¿ Qué será de la Fiscalía Nacional de Mantenimiento ?). Destinadas a la conservación del patrimonio nacional, generar políticas, divulgarlas tanto a nivel público como privado.

Esta lista puede ser todo lo extenso que se desee y probablemente el lector podrá agregar muchas más de

su experiencia o consulta a fuentes autorizadas, en todo tipo de detalle, sólo pretende ilustrar algunos aspectos que pueden ser fuente de problema a la hora de considerar acceder a los sistemas de Mantenimiento Productivo Total, corriente que desde hace algunos años es moda en nuestras industrias y vista como panacea para los males de las diversas estructuras responsables de la conservación de los activos, sin conocer que la filosofía en cuestión data de los años 70.

No está mal el desear absorber en la forma más rápida y expedita esta filosofía de trabajo y sus técnicas, pero deberá considerarse a la luz de lo arriba expuesto que deberá tenderse un puente de enlace entre las estructuras actuales y la situación ideal. Para ello deberá contemplarse, al menos, lo siguiente en la constitución del plan de mantenimiento que será la plataforma para crear un plan de Mantenimiento Productivo Total, aunque no es del todo errado comenzar a constituir un plan en forma directa, no es lo usual, debido a la ausencia de procedimientos de mantenimiento :

1.- Conocimiento total del proceso productivo y la injerencia de cada uno de los activos dentro del mismo.

2.- Es muy deseable que exista un plan de mantenimiento desde el punto de vista tradicional, que estipule frecuencias, instrucciones técnicas precisas, recursos materiales(repuestos, consumibles y equipo), recursos humanos, estructura organizativa y sistema de información ad hoc.

3.- Conocimiento de los activos a los cuales deberá hacerse el mantenimiento desde el punto de vista de :

- Principio de operación
- Potencialidades del diseño
- Vigencia tecnológica y sus posibilidades a futuro

4.- Una estructura organizativa capaz de facilitar los procesos de :

- Planificación y programación
- Ejecución y control
 - Equipos
 - Costos
 - Consecuencias de falta de mantenimiento
 - Mantenimiento en sí

- Gestión de stock
- Logística
- Análisis de fallas y acciones
- Otros.

5.- Soporte de la alta gerencia en cuanto a :

- Apoyo a la gestión
- Otorgar el peso específico que debe tener la gestión en la organización en sí, favorecer la correcta interrelación entre los diversos departamentos.

6.- Fijar objetivos. Entendiendo este punto como primordial para la implantación de planes de Mantenimiento Productivo Total. Rara vez se observan objetivos para la función mantenimiento, salvo aquellos inherentes a su función como son preservar los costos de operación, ser rápido y oportuno y garantizar la seguridad industrial.

El Mantenimiento Productivo Total¹ se define como : "mantenimiento productivo que implica una participación total", para ello deben incluirse los siguientes términos como complemento a la definición :

- * Contempla maximizar la efectividad global del equipo, bajo el criterio de rentabilidad.
- * Establece un sistema completo de prevención del mantenimiento para la vida entera del equipo. Mantenimiento Preventivo, mejoras al diseño, etc.
- * Fomenta las actividades de pequeños grupos, involucrando a la totalidad de la empresa y a todos sus trabajadores

Para lograr una buena efectividad global del equipo, TPM busca eliminar las denominadas "seis grandes pérdidas" :

Tiempo de Parada :

- 1.- Fallas / averías
- 2.- Cambios de línea, ajustes, etc.

Pérdidas de Velocidad :

3.- Tiempos en vacío, es decir equipos que operan por un determinado período de tiempo sin producto. Paradas menores, producto de desperfectos de sensores, bloqueos de piezas en sistemas de transporte de materiales, viene a la memoria el caso de una empresa del

sector panificación, donde un sistema de dos bandas transportadores de moldes confluían en un tercer sistema a la salida de dos hornos, en este punto la operación anormal de los sensores que coordinaban la operación, permanentemente estaban dañados y la solución al problema, muy a la usanza autóctona, consistía en colocar un operario con un palo de madera para detener unos moldes mientras los otros se desplazaban a la correa común, en lugar de determinar cuales eran las causas del daño del sistema de control. Estas pequeñas perturbaciones usualmente no medibles directamente pueden tener nefastas consecuencias sobre la productividad.

4.- Reducción de velocidad, discrepancia entre la velocidad de diseño y la actual del equipo.

Defectos :

5.- Defectos en proceso, desecho, "reproceso" (término también muy popular en muchas industrias, y no es visto como una amenaza a la productividad)

6.- Reducción del rendimiento, es decir el efecto del arranque del equipo hasta que su operación se estabiliza. (Algunas intervenciones de mantenimiento hacen pensar al usuario que mejor era no haber realizado intervención alguna, un caso documentado : En una empresa proveedora de servicios de mantenimiento de sistemas de aire acondicionado, una vez efectuada una intervención, sea esta preventiva o correctiva, se esperaban al menos cuatro visitas en los siguientes 30 días).

Este sistema de mantenimiento soporta sistemas de gestión tipo ZD (Zero Defects = cero defectos) y JIT (Just in time - Justo A Tiempo, del que se habla en nuestro país al menos desde 1982).

Indicadores de Gestión : Efectividad Global del Equipo

La EGE tiene la siguiente expresión :

EGE = Disponibilidad * Eficiencia del Rendimiento * Tasa de Calidad

La disponibilidad, definida como : La probabilidad de que el sistema opere en forma satisfactoria en cualquier punto en el tiempo cuando el equipo es usado en determinadas condiciones. Una forma de medirlo es :

Disponibilidad = Tiempo de Operación / Tiempo de Carga

Donde Tiempo de operación = Tiempo de Carga - Tiempo de Parada

y el Tiempo de Carga es el disponible por jornada considerada, este tiempo de carga considera el tiempo efectivamente disponible, es decir deberán considerarse las paradas planificadas (sea por mantenimiento, operación o cualquier otra actividad)

La eficiencia del rendimiento es producto de dos coeficientes :

Tasa de Velocidad de Operación = Tiempo de ciclo teórico / Tiempo de ciclo actual

Tasa de Operaciones Neta = Tiempo de proceso actual / Tiempo de Operación

Donde Tiempo de proceso actual = Cantidad procesada * Tiempo actual de ciclo

Este último valor mide la capacidad del sistema de conservar determinada velocidad de desempeño, excelente para medir las pérdidas basadas en paradas no registradas ó difíciles de medir, por ejemplo en ajustes, etc.

La Tasa de Calidad = Artículos Buenos / Cantidad Procesada

Estos indicadores usualmente en las industrias (muchas de estas ni disponen del mínimo de información para calcularlos), en el mejor de los casos son manejados por unidades independientes (Mantenimiento, Producción - ¿Depto. De Ingeniería Industrial ?. Control de Calidad) y presentarán interpretaciones diferentes. Los indicadores relativos a la eficiencia del rendimiento usualmente no son dinámicos, sino que se calculan una vez en el ejercicio fiscal y no se monitorean frecuentemente como para tomar decisiones en lo relativo al proceso productivo. De forma que el Departamento de Mantenimiento puede hacer alarde de una Disponibilidad del 80%, Producción de una eficiencia del rendimiento del 90% y la tasa de calidad ser del 99%, encontrándose una Efectividad Global del Equipo de 71,28%, cifra que dista mucho de ser especialmente atractiva e indicar de una baja competitividad.

La implantación de TPM, deberá en esencia contemplar lo siguiente :

- Eliminar las "seis grandes pérdidas" para lograr la mejor Efectividad Global del Equipo
- Un programa de mantenimiento autónomo (para los operarios), concepto similar al principio "operador-mantenedor", pero bajo la premisa de que no sólo se realizarán los cuidados básicos elementales como: Inspección, ajuste, lubricación, reemplazo de partes y correcta operación, sino convertirse en elemento clave de participa-

ción en el proceso de " cómo mejorar el diseño, aportar soluciones al problema : ¿Cómo hacer para que esta pieza no se desajuste permanentemente?", por citar alguno.

- Un programa de mantenimiento para el Departamento de Mantenimiento. El traspasar las actividades al operador, evidentemente replantea el papel del Departamento y su estructura, ya que a partir de ahora deberá:

- Brindar asistencia permanente al operador en el proceso de entrenamiento y transferencia del plan tradicional de mantenimiento.

- Participar activamente en el plan de gestión de activos a lo largo de su vida útil.

- Mejorar las capacidades del personal de mantenimiento y obrero.

- Iniciar un programa de gestión de equipo :

- Desarrollo / Adecuada selección : La demanda por cada vez mejor calidad y precio obliga a pensar en nuevas necesidades de desempeño de los equipos. La clave de la competitividad tiene su origen en el efecto sinérgico de un correcto desarrollo del producto y el sistema de manufactura (Ingeniería Concurrente)

- Fiabilidad

- Economía : Gestión a lo largo del Costo del Ciclo de Vida (Life Cycle Cost), tomando en cuenta el mejor equilibrio o solución de compromiso en desempeño y economía en el sistema que realizará las funciones requeridas.

- Disponibilidad

- Mantenibilidad

- Establecimiento de una estructura destinada a la promoción del Mantenimiento Productivo Total, para la asegurar la permanente difusión de la filosofía y soporte a los grupos de trabajo, que permita el:

- El establecimiento de grupos de trabajo similares (pequeños grupos de trabajo interconectados a lo largo de toda la estructura organizativa) a los Círculos de Calidad, donde las soluciones o requerimientos tengan vía libre para que lleguen a las instancias que tengan en su área de desempeño el apoyo o suministro de recursos necesarios.

Cualquier empresa que puede de alguna manera llegar a la obtención de este nivel de desempeño en el

área, tiene preparado el camino para vencer los problemas por el cual el mantenimiento no funciona en las empresas, podrá integrar la función dentro del esquema operativo y la probabilidad de que este esfuerzo se sostenga en la organización en forma exitosa será muy alta.

En conclusión, los planes de Mantenimiento Productivo Total, son factibles en nuestra realidad si se tiene:

1. Compromiso de la Alta Gerencia.
2. Apoyo y recursos (humanos, económicos, equipos y herramientas)

3. Una plataforma de mantenimiento, no importa lo deficiente que esta sea mientras disponga de flexibilidad para adaptarse a los cambios, es decir que los cambios puedan ser fácilmente absorbidos por la organización responsable de la conservación de la empresa.

4. Conciencia de que este sistema de trabajo lleva años de dedicación y estudio de la gestión.

FUENTES

1. Nakajima, Seiichi. Introduction to TPM : Total Productive Maintenance. Editorial Productivity Press, Inc. 1988.

Publicaciones UCAB

Fundación Polar - UCAB

Autor	Título
Jeremiah O'Sullivan Ryan	La comunicación humana
Arturo Uslar Pietri	Contribución a la Biblio-Hemerografía
Jesús María Aguirre	De la práctica periodística a la investigación comunicacional
Varios	Doce propuestas educativas para Venezuela
Luis Ugalde	Educación y producción de la Venezuela necesaria
Juan José Bolinaga	Mecánica elemental de los fluidos
Leopoldo Márquez Añez	Recurso de casación, la cuestión de hecho y el artículo 320 del código de procedimiento civil
José Rafael Hernández	Temas de introducción al Derecho
Tarsicio Jáñez Barrio	El trabajo de investigación en Derecho
Manuel Vicente Méndez	Tuberías a presión

Destilador solar para usos múltiples

Manuel Barroso, Luisa Gil Vollmer
y Sergio Arcetti G.

Este trabajo consiste en el diseño, construcción y prueba de un destilador solar que puede ser utilizado para obtener agua dulce a partir de agua salada o salobre y/o para tratar aguas servidas. Con este proceso se intenta imitar el ciclo del agua en la naturaleza usando la energía proveniente del sol para calentar el agua y así evaporarla.

La utilización de este aparato es factible en regiones de baja densidad poblacional donde la insolación es alta durante la mayor parte del año, como es, en general, el caso de Venezuela.

La destilación de agua salada o salobre se ha practicado desde fines del siglo pasado, utilizando distintos aparatos y con diversas finalidades. En Venezuela, Carlos Lupi construyó un "Destilador Solar no Convencional", que tiene diferencias fundamentales con el aquí descrito en lo que se refiere a usos, materiales y diseño.

Se elaboró un manual que explica los métodos constructivos, operación y mantenimiento del destilador. No se trata, necesariamente, de un diseño único, sino que se puede partir de un dispositivo - base, al cual se le pueden hacer mejoras y/o modificaciones según las posibilidades económicas del usuario y la disponibilidad de materiales. En el proyecto se utilizaron materiales nacionales, de costo relativamente bajo y fáciles de conseguir. Los costos de operación y mantenimiento son ínfimos comparados con la inversión inicial.

El sol es una fuente de energía prácticamente inagotable y de bajo costo, a la que el hombre no ha sabido sacar el máximo provecho. A mediados de siglo existían proyectos destinados a extender el uso de la energía solar hasta llegar a construir inmuebles cuya única fuente de energía fuera la proveniente del sol. Se estimaba que, para fines de siglo, habría millones de edificaciones de este tipo. De hecho, hoy día solamente existen pocos cientos de ellas. La competencia presentada por el petróleo,

gas natural, carbón y energía nuclear ha sido, y continuará siendo, demasiado fuerte.

Con el transcurso del tiempo, parecería razonable que por escasez de recursos hídricos, incremento de la población, agotamiento de las fuentes de energía fósil y sobre todo por razones de carácter ambiental, hubiera una presión cada vez mayor para la utilización de fuentes alternativas de energía.

Se ha comprobado que el uso de la energía solar requiere de inversiones iniciales grandes, mientras su rendimiento, con la tecnología actual, es bajo. Por tanto, su utilización se ha limitado a instalaciones pequeñas en sitios aislados desérticos o semidesérticos. En esta etapa preliminar, se piensa que con una tecnología básica y de bajo costo, la destilación solar aplicada al tratamiento de aguas servidas podría contribuir a la solución del problema de la limitación de recursos hídricos y además, obtener un producto con cierto valor económico.

ANTECEDENTES

Se analizaron previamente dos estudios sobre destiladores solares, destinados a la obtención de agua dulce a partir de agua salada o salobre y dos destiladores vendidos comercialmente en los Estados Unidos para obtener agua potable, con el fin de comparar rendimiento y costos. En todos los casos, se estima la vida útil de los aparatos en 20 años.

1.- Estudio de factibilidad en las islas del pacífico sur.

Se hizo un análisis del desempeño y un estudio económico de varios modelos convencionales de destiladores solares fabricados con madera, hierro galvanizado, concreto y plástico reforzado con fibra ("FRP").

Se concluyó que en zonas costeras, el material más conveniente es el FRP, mientras que a alturas mayores se recomienda usar concreto.

2.- Destilador solar no convencional

El objetivo del trabajo de Carlos Lupi fue la construcción y prueba de un destilador solar común y el estudio del suministro de calor adicional proveniente de un concentrador solar fijo además de programas de computación para estimar la producción de agua del destilador y la cantidad de energía captada y perdida por los aparatos estudiando la trayectoria solar.

Para construir el destilador utilizó madera recubierta con fibra de vidrio y, para el concentrador, láminas de acero pulido. Este material presentó problemas de corrosión a causa del ambiente marino.

3.- Agua Del Sol International

Esta compañía basada en Arizona busca dar soluciones, a pequeña y mediana escala, al problema de la escasez de agua en zonas áridas de los Estados Unidos. Los destiladores de "Agua del Sol" son bandejas metálicas aisladas con gomaespuma y cubierta de vidrio. Son livianos y resisten ambientes marinos.

Estos dispositivos han sido diseñados para aplicaciones rurales, residenciales y comerciales. También se usan en zonas urbanas con excesiva cloración del agua potable. Entre las aplicaciones comerciales están la es-

terilización de implementos quirúrgicos, la industria farmacéutica y laboratorios.

4.- Asociación de Energía Solar El Paso (EPSEA).

EPSEA realizó un proyecto para demostrar la factibilidad de utilizar la energía solar para purificar agua en poblaciones aisladas en el estado de Nuevo México, que anteriormente utilizaban agua de fuentes naturales contaminadas con efluentes de origen industrial, séptico, agrícola o con elevadas concentraciones de sales.

Los destiladores de EPSEA están fabricados con materiales de fácil obtención en Estados Unidos pero no en Venezuela. Se venden los planos y el usuario debe construir el destilador.

En el cuadro siguiente se presenta información sobre 3 de estos destiladores y el de este trabajo para comparar el costo por litro producido. Para hacerlo, es necesario que todos los aparatos tengan la misma vida útil, lo que implica que nuestro destilador deberá funcionar durante 20 años. No se incluye el de Lupi por no existir información relativa a costos. En todo caso, su rendimiento es inferior a 3 l/m²/d.

*destilador de concreto recubierto de FRP: es el de menor costo y mayor eficiencia de los usados en ese experimento.

**destilador de 36,5 x 96 pulgadas: de los destiladores fabricados por Agua del Sol, éste tiene el menor costo unitario.

	Pacífico Sur*	Agua del Sol**	El Paso***	D.S.U.M.****
Rendimiento (l/d/m ²)	1,61	7,54	6,80	4,99
Costo (US\$/m ²)	183,00	376,11	120,48	75,70
Costo/Producción (US\$/l)	113,66	49,91	17,72	15,14

***se supone que se construyen en serie para que su costo sea el menor posible (US\$200).

****Destilador Solar para Usos Múltiples.

USOS DEL DESTILADOR

1.- Utilización del destilador partiendo de agua salada o salobre.

El proceso de desalinización ha sido ampliamente estudiado y se utiliza desde hace más de 20 años en Australia, Grecia, Túnez y España.

2.- Utilización del destilador partiendo de agua contaminada con metales pesados o sustancias peligrosas.

Algunos efluentes industriales contienen este tipo de sustancias que no pueden ser descargados directamente a cuerpos de agua por no cumplir con las disposiciones de protección ambiental.

De la destilación se obtienen dos productos: agua destilada, que se puede utilizar como tal o ser descargada al ambiente, y sólidos que, según el caso y manejados como "sólidos", pueden transformarse en "desecho peligroso", con un volumen reducido, o en "materia prima valiosa".

3.- Utilización del destilador partiendo de aguas servidas domésticas o industriales contaminadas con materia orgánica.

Este trabajo se centró en este último punto. Se obtuvo agua destilada apta para riego, limpieza y utilización como agua de batería. Por motivos lógicos, no se recomienda para consumo humano directo ni para lavar utensilios de cocina.

En el caso de destilar aguas servidas domésticas, los sólidos obtenidos son de más fácil y limpio manejo que los lodos que se deben extraer de los pozos sépticos.

Efluentes industriales, que no pueden ser descargados directamente a cuerpos de agua, se pueden destilar para remover los sólidos y permanecerán almacenados hasta que se disponga finalmente de ellos (como abono). El agua podrá ser reutilizada, lo que se traduce en un ahorro considerable de dinero y resulta ecológicamente favorable.

Para cada caso, es necesario estimar la frecuencia de limpieza según la cantidad y tipo de sólidos que contengan las aguas.

OBJETIVOS DEL EXPERIMENTO

Con este trabajo se pretende proponer un sencillo procedimiento, que pueda ser comprendido y puesto en práctica inclusive por personas de limitada educación y recursos. Este procedimiento no es aún aplicable en gran escala puesto que la tecnología es muy básica, pero partiendo de los resultados de este experimento, se puede pasar a etapas de investigación más profunda. Los objetivos del trabajo, además de la elaboración del Manual de Construcción, Operación y Mantenimiento del Destilador Solar para Usos Múltiples, son los siguientes:

1.- Determinación de la tasa de evaporación diaria de aguas servidas con contaminación orgánica.

2.- Análisis físico-químico y bacteriológico del condensado para decidir posibles utilidades.

3.- Determinación de la frecuencia de retiro de los residuos sólidos.

4.- Análisis de los residuos para determinar si pueden ser utilizados como fertilizante.

MEDICIONES Y RESULTADOS

El agua introducida al destilador proviene del efluente de un central azucarero. Se escogió este tipo de agua por presentar una contaminación bacteriana muy alta, gran cantidad de materia orgánica y olor cloacal.

De mediados de agosto hasta mediados de octubre se hicieron mediciones del volumen de agua destilada y se tomó la temperatura dentro del destilador dos veces al día. Este período coincidió con la época de lluvias y, sobre todo al principio, llovía casi todos los días. Por este motivo, la destilación fue relativamente baja.

Para tener una idea de lo que sucede durante el resto del año, se hicieron proyecciones basadas en los datos obtenidos del destilador y de la Estación Agroclimatológica de la Hacienda El Palmar. Se calculó la relación entre la evaporación dentro del destilador y la evaporación en la tina y se usó el promedio para hacer el estimado de la producción anual.

Durante el período seco se obtiene mucha más agua destilada que durante los meses de lluvias, pero, si se colocara una canal exterior al aparato, se podría recoger también el agua de lluvia aumentando considerablemente los beneficios con un incremento de costo prácticamente despreciable.

RESULTADOS

Se tomó una muestra del efluente del central, tres de agua destilada y una de agua potable, ésta última para comparar su calidad bacteriológica con la del destilado.

3.- Análisis de resultados de los exámenes microbiológicos.

A.- Aguas servidas, antes de destilar.

Presentó cargas microorgánicas muy elevadas con presencia importante de coliformes fecales.

B.- Agua destilada.

Aunque presentaban organismos coliformes, no eran de origen fecal. El número de microorganismos aeróbios mesófilos observados en cada una de las muestras fue muy distinto. Ésto se puede explicar por el hecho de que el destilador funciona en un rango de temperatura muy amplio. La mayoría de los mesófilos viven a temperaturas inferiores a 40 grados centígrados, mientras que pocos sobreviven a más de 50.

C.- Agua potable.

No presentó contaminación fecal pero sí más coliformes totales que las muestras de agua destilada.

4.- Características Físico-Químicas.

A.- Aguas servidas.

Periódicamente se practican análisis físico-químicos a los efluentes del central. Los resultados varían dentro de un rango amplio pero en general se puede decir que son aguas con una elevadísima cantidad de sólidos, muy turbias y de demanda química y bioquímica muy altas.

B.- Agua destilada.

Cumple con todos los parámetros establecidos por la norma con excepción de Oxígeno Disuelto y Fluoruros, que no se realizaron.

Puede ser clasificada como agua de los Tipos 1A y 2A. Agua Tipo 1A se define como agua que, con la sola adición de un desinfectante, es apta para consumo doméstico o usos industriales que requieran de agua potable. El agua Tipo 2A es apta para riego de vegetales destinados al consumo humano.

El rendimiento del destilador fue similar al esperado, en promedio 5 litros por día por metro cuadrado de superficie.

MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DEL DESTILADOR SOLAR PARA USOS MÚLTIPLES

El Manual tiene como propósito enseñar al usuario a construir un sistema de obtención de agua limpia adicional a la fuente que ya tiene, en caso de que sea ineficiente, inapropiado o simplemente inexistente. Este agua puede ser usada para quehaceres diarios en el hogar y en industrias tales como: lavar los pisos, agua para hacer funcionar los WC, regar, limpieza en general, entre muchas otras; pero en ningún momento bañarse, lavar alimentos o ser consumida.

El aparato que llamaremos "Destilador Solar", se caracteriza por usar la energía proveniente del sol para la obtención de agua limpia a partir de aguas servidas o salobres. Mide dos metros por uno en la base y tiene una altura máxima de aproximadamente 65cm.

Pero, ¿en qué consiste un destilador solar?. Un destilador solar es un estanque o piscina cubierta por un techo de vidrio en el cual ocurre un proceso de evaporación y condensación. Los rayos provenientes del sol calientan el agua dentro del estanque hasta que las partículas de agua que se encuentran más cercanas a la superficie se evaporan. Luego, mediante el contacto de las partículas de vapor con el vidrio, que está a una temperatura inferior, condensan y se obtiene agua destilada. Las gotas de agua deslizan por el techo de vidrio y son recogidas en un canal colector. El estanque se encuentra totalmente sellado para evitar fugas.

El proceso de destilación depende de ciertas variables: temperatura, precipitación, humedad, elevación sobre el nivel del mar, nubosidad, clima, tipo de materiales de construcción. El sistema constructivo aquí expuesto, considera todas estas variables y logra una integración eficiente, sencilla y económica en la forma de construcción. Es importante recalcar que los materiales utilizados son de uso diario y se consiguen en cualquier ferretería del país. Éstos son: bloques de arcilla, ladrillos, tablopán, lámina galvanizada, silicón, cemento plástico, vidrios, esmalte negra mate y blanco brillante, hidrófugo, tubos de PVC, manguera de goma transparente, cemento, arena. Las herramientas utilizadas son: nivel, pico, pala, brocha, peso para compactar de 10 kg, pistola de silicón, palustra, cuchara rectangular para albañilería, metro, listón de madera.

Recomendaciones para el mejoramiento de la eficiencia del destilador.

* Colocar una canal en cada uno de los vidrios laterales para que el agua que se condensa sobre éstos sea también aprovechable. Esta canal puede ser de PVC y debe tener una pendiente tal que las gotas puedan caer al canal principal.

* Limpiar los vidrios diariamente con limpiador de vidrio comercial y papel periódico.

* Limpiar internamente el destilador cuando la cantidad de sólidos acumulados sea elevada. En caso de aguas servidas domésticas puede hacerse cada seis meses, para otros usos es necesario determinar la frecuencia de retiro según el tipo y cantidad de sólidos.

* La profundidad del agua no debe ser mayor de 4 cm.

* Sacar el agua de los botellones diariamente.

* Pintar cada seis meses las paredes exteriores del destilador con esmalte negro mate.

* Disminuir la altura de las paredes del destilador tomando en cuenta que la pendiente del vidrio debe estar entre 15 y 20 grados.

EXPERIMENTO PROBLEMA

Originalmente se construyó un destilador que presentó dos problemas importantes:

1.- *Inclinación del techo de vidrio.*

Según bibliografía consultada, para que las gotas de agua condensada se deslicen eficientemente por el techo (vidrio), el ángulo de inclinación debe estar entre 10 y 20 grados. Al techo del primer destilador se le dio una inclinación de 11 grados, y las gotas de agua condensadas no eran capaces de deslizar por él hasta el canal colector, sino que volvían a caer dentro del estanque.

Se realizaron entonces pruebas y se determinó que, en realidad, de 18 a 20 grados resulta ideal. Por razones constructivas se obtuvo un ángulo de 18,77 grados.

A mayor inclinación del vidrio, más rápido se desplazan las gotas por él y es menor la probabilidad de que caigan al estanque antes de llegar al canal recolector. Sin embargo, al incrementar el ángulo, aumenta también la distancia promedio entre la superficie del agua y el techo del destilador, y por lo tanto, el volumen del destila-

dor. También disminuye la captación de la radiación solar directa. Estos dos efectos se traducen en detrimento del rendimiento del aparato.

2.- *Impermeabilización.*

La impermeabilización original con asfalto plástico no fue capaz de resistir las altas temperaturas alcanzadas dentro del destilador y se derritió. Este efecto, además de no cumplir con su función primordial, o sea, la de impermeabilizar el estanque, interfería con la evaporación del agua pues se formó una película de asfalto sobre la superficie del agua.

No fue posible eliminar por completo el asfalto de las paredes ni aplicar un nuevo friso sobre éste. Por ello fue necesario proceder a derrumbar las paredes de ladrillos, colocar otra lámina galvanizada en el fondo y volver a construir las paredes. Esta vez, se aplicó una lechada de cemento con un líquido hidrófugo en tres capas. A lo largo de las juntas, entre la lámina galvanizada y las paredes de ladrillos, se aplicó un sellador de juntas adecuado y luego se pintó todo el interior del destilador con pintura de esmalte negro mate.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- *Conclusiones.*

* El rendimiento del destilador, si bien es similar al esperado, es relativamente bajo. Esta tecnología hoy día es útil para resolver un problema a pequeña escala, pero sirve de base para futuras investigaciones dentro del campo. El problema mundial de escasez de agua irá incrementándose con el paso del tiempo y es conveniente empezar a buscar soluciones.

* La calidad del agua destilada, desde el punto de vista bacteriológico y físico-químico, es muy buena y es apta para ser usada como agua de batería, riego o limpieza general. No se recomienda para consumo humano directo.

* Con investigaciones más profundas se pueden atribuir otros usos al agua destilada según requerimientos específicos del consumidor, especialmente en el área industrial.

* El costo del destilador es considerablemente inferior a los productos existentes en el mercado norteamericano, siendo el rendimiento similar. Además, los materiales están a la mano de la mayoría de las personas y el proceso constructivo es sencillo.

* El techo del destilador no se ensucia por dentro. Se puede afirmar que los sólidos y las grasas que contiene el agua no son volátiles.

2.- Recomendaciones

* En caso de utilizar aguas servidas y que la cantidad de sólidos sea muy elevada, podría ser útil tener un sistema combinado en el que el agua pasara primero por un tanque-trampa donde se eliminaran los sólidos sedimentables y flotantes, grasas y espumas. Ésto reduciría la frecuencia de limpieza del destilador.

* Para aumentar la eficiencia de un destilador solar podría resultar conveniente la utilización de un colector solar. Éste es un dispositivo que intercepta los rayos solares y transfiere la energía a un fluido para calentarlo. En el caso del destilador se propone utilizar espejos planos.

Los espejos pueden actuar como colectores solares y se dice que son concentradores puesto que proyec-

tan los rayos sobre una superficie menor a la propia. En consecuencia, se provoca un aumento más rápido de la temperatura.

La eficiencia de los colectores solares se maximiza cuando éstos están alineados con el sol. Para lograr este efecto idealmente, habría que moverlos a lo largo del día siguiendo la trayectoria solar. Sin embargo, este procedimiento quedaría fuera del alcance de un trabajo de esta índole ya que su costo sería prohibitivo. Como alternativa, sería conveniente utilizar varios espejos, cada uno inclinado con un ángulo diferente y que se mantuvieran fijos a lo largo del día.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- Conclusiones

- * El rendimiento del destilador, si bien es similar al esperado, es relativamente bajo. Esta tecnología hoy día es útil para resolver un problema a pequeña escala, pero sirve de base para futuras investigaciones dentro del campo. El problema mundial de escasez de agua irá incrementándose con el paso del tiempo y es conveniente emprender a buscar soluciones.
- * La calidad del agua destilada, desde el punto de vista bacteriológico y físico-químico, es muy buena y es apta para ser usada como agua de beber, hego o para beber. No se recomienda para consumo humano directo.
- * Con investigaciones más profundas se pueden utilizar otros usos al agua destilada según requerimientos específicos del consumidor, especialmente en el área industrial.
- * El costo del destilador es considerablemente inferior a los productos existentes en el mercado, no obstante, siendo el rendimiento similar. Además, los materiales están a la mano de la mayoría de las personas y el proceso constructivo es sencillo.

EXPERIMENTO PROBLEMA

Objetivos: Construir un destilador que presente los problemas importantes:

1.- Inclinación del techo de vidrio

Según bibliografía consultada, para que las gotas de agua condensada se deslicen eficientemente por el techo (vidrio), el ángulo de inclinación debe estar entre 10 y 20 grados. Al techo del primer destilador se le dio una inclinación de 11 grados, y las gotas de agua condensada no eran capaces de deslizar por él hasta el canal colector, sino que volvían a caer dentro del destilador.

Se realizaron entonces pruebas y se determinó que en realidad, de 18 a 20 grados resulta ideal. Por razones constructivas se obtuvo un ángulo de 18,77 grados.

A mayor inclinación del vidrio, más rápido se deslizarían las gotas por él y es menor la probabilidad de que caigan al estanco antes de llegar al canal colector. Sin embargo, al incrementar el ángulo, aumenta también la distancia promedio entre la superficie del agua y el techo del destilador, y por lo tanto, el volumen del destilador.

Diseño conceptual de la distribución de una planta de fabricación de tableros eléctricos

Por: **Francisco Lippke y Marcos Martínez.**

El presente trabajo se realizó con el objetivo de diseñar conceptualmente la distribución de una planta de fabricación de tableros eléctricos.

Adicionalmente a la utilización de los principios básicos así como de los distintos tipos de distribución en planta, se aplicaron filosofías actuales en lo que a distribución se refiere, tomadas de la experiencia de una importante consultora internacional.

El dinamismo empresarial en gerencia de manufactura busca fundamentalmente una organización de planta focalizada. Para lograr resultados destacados, la reorganización de plantas existentes en múltiples y pequeñas «fábricas dentro de la fábrica» es la acción más importante para la mejora de la productividad.

La fábrica especializada consiste en una pequeña fábrica. Dado que las unidades de fabricación más pequeñas son las más productivas, uno de los objetivos es el de organizar nuevas fábricas de menor tamaño dentro de la ya existente. Estas unidades compactas de producción se llaman **subplantas**. El segundo objetivo es organizar las unidades de fabricación en paralelo con las familias de productos o las de componentes, ésta última se aplica cuando la capacidad de la máquina o celda supera con creces la que se necesita para cualquier familia individual de productos. Las instalaciones para una familia de productos normalmente consisten en varias subplantas denominadas *grupo de subplantas*.

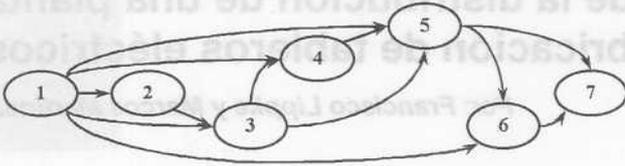
Para el desarrollo del presente proyecto se siguió la siguiente metodología y secuencia de actividades (ver):

1. Fundamentación Teórica.
2. Levantamiento de información inicial.

3. Análisis del negocio.
 - 3.1. Análisis de los productos.
 - 3.1.1. Conocimiento de los productos.
 - 3.1.2. Agrupación de productos: familias y subfamilias.
 - 3.1.3. Homologación de los productos en unidades equivalentes.
 - 3.2. Sondeo del mercado.
 - 3.3. Jerarquización (Definición de escenarios de combinación de productos).
 - 3.3.1. Determinación de la rentabilidad de los distintos escenarios.
4. Levantamiento de procesos.
 - 4.1. Descripción de los procesos productivos.
 - 4.2. Análisis de la distribución actual de la planta.
5. Diseño conceptual de la distribución de la planta.
 - 5.1. Diseño Teórico.
 - 5.2. Determinación de los requerimientos de las áreas.
 - 5.3. Restricciones físicas del edificio-planta.
 - 5.4. Diseño Conceptual.
6. Establecimiento de los factores a considerar en el plan de transición a la nueva planta y propuesta de un tentativo.

7. Recomendaciones y conclusiones

Esquema Metodológico



En la mayoría de las pequeñas y medianas empresas del país, se carece de la información necesaria para la realización de los proyectos que en ellas se plantean. En el caso de existir, no se tiene clasificada y ordenada de forma adecuada que permita un óptimo manejo de la misma. Esto hizo necesario la determinación de las fuentes a consultar y el diseño y levantamiento de una base de datos que sirviera de base para la realización del estudio.

De la base de datos se obtuvieron 5218 registros (órdenes de producción de la empresa). Estos registros mostraron que le empresa produjo más de 200 tipos de productos durante los últimos tres años. Cada uno de estos tipos de productos se puede producir con diversas características, dependiendo de las necesidades del cliente. Esta amplia variedad de productos hizo necesario la definición de familias (11), las cuales a su vez se dividen en subfamilias (67), sobre la base de: el tipo de producto, el montaje (superficial, embutido, autosoportado) y el grado de protección constructivo (Estándar NEMA: National Electrical Manufacturers Association).

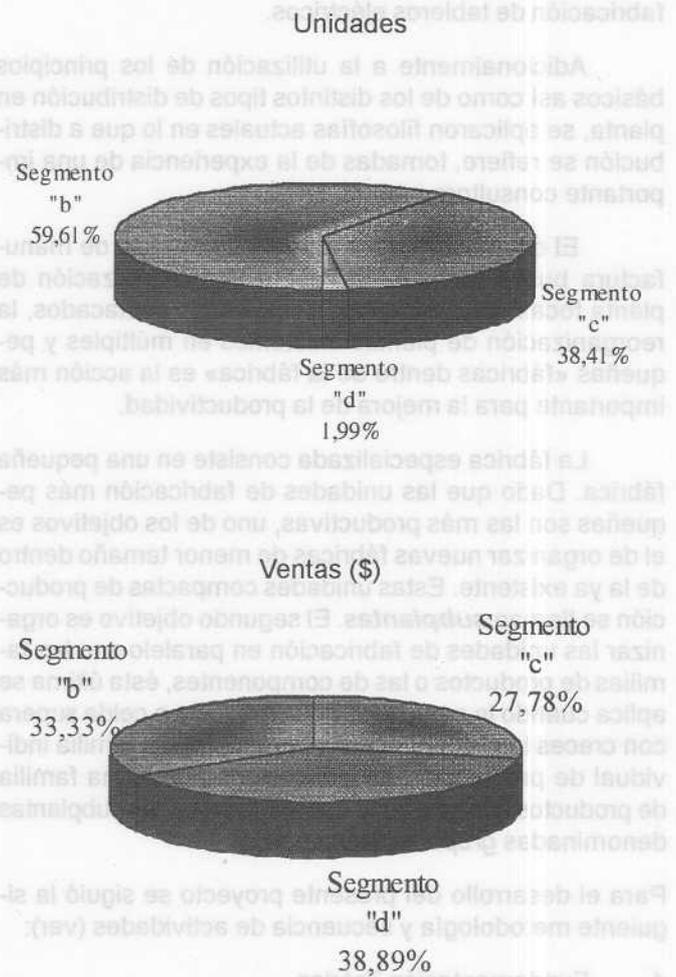
Definidas las familias y subfamilias, se hizo una homologación en unidades equivalentes (en función del costo de los productos), para medir la capacidad de la planta actual y hacer las proyecciones pertinentes en función de los objetivos de la gerencia.

Luego se realizó un sondeo del mercado actual consultando diversas fuentes. Sobre la base de esta consulta, se utilizó la clasificación de productos manejada por ANATAVE (Asociación Nacional de Fabricantes de Tableros Eléctricos) en cuatro segmentos: segmento *a* (tableros residenciales), segmento *b* (tableros de iluminación y distribución), segmento *c* (centro de control de motores, correctores de factor de potencia y arrancadores)

y segmento *d* (centro de control de motores de media tensión, subestaciones de media tensión).

Sobre la base de esta clasificación, en el gráfico se muestra la distribución porcentual del mercado nacional de tableros eléctricos, tanto en unidades como en dólares. Como se observa, la ley de Pareto es evidente en esta distribución, ya que, apenas el 2% del mercado en unidades (segmento *d*) representa casi el 40% de las ventas en dólares.

Gráfico 1. Distribución Porcentual del Mercado Nacional



Fuente: ANATAVE

Posteriormente se procedió a definir tres escenarios de combinaciones de productos, basándose en estos realizar el diseño conceptual de la planta. Estos escenarios se basaron en las expectativas del mercado nacional (principalmente el Producto Interno Bruto nacional y por sector) y los objetivos de la gerencia.

Cuadro. Definición de los escenarios

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Expectativas del mercado Nacional		 	
Objetivos de la Gerencia		 	

Para cada uno de estos escenarios se determinó la curva de rentabilidad en ventas en función de la capacidad de planta utilizada. Se observaron comportamientos similares, con la única diferencia que se encuentran desplazadas las curvas, donde se obtuvieron unos puntos de equilibrio de 47,21%, 54,95% y 63,89% para el primero, segundo y tercer escenario respectivamente.

Después se realizó el levantamiento de los procesos productivos, donde se observaron 9 procesos diferentes. Adicionalmente se propuso la mejora del proceso de lavado, secado, pintado y cocción de la pintura, el cuál se realiza actualmente, de forma manual e intermitente, y el propuesto es automático y continuo.

Sobre la base de los escenarios y los procesos productivos, se procedió a realizar el diseño conceptual de la nueva planta, para lo cual se partió con la definición de un diseño teórico inicial. Este diseño teórico se fundamentó en las frecuencias entre áreas totales, para cada uno de los escenarios, y en criterios subjetivos de seguridad, higiene y eficiencia en las operaciones.

Debido a lo complejo que se puede tornar evaluar este diseño inicial, por el enorme número de cálculos necesarios para evaluar ésta y cualquier otra alternativa posible, se hace evidente la necesidad del uso de herramientas que simplifiquen esta labor.

La disponibilidad actual de sistemas personales de procesamiento de datos (computadoras personales) al alcance de cualquier usuario, los cuales poseen una alta capacidad de cálculo, facilita su aplicación en la determinación de mejoras en el diseño de la D.P., por lo cual se diseñó un algoritmo heurístico.¹

El algoritmo desarrollado se basó en el utilizado en el paquete CRAFT (Computer Relative Allocation of Facilities Technique)², el cual parte de una distribución inicial que se toma como punto de partida y que maneja como entrada la matriz de frecuencias entre departamentos. Luego de calcular el recorrido total para la distribución inicial, intercambia los departamentos de dos en dos (versiones más avanzadas lo hacen de tres en tres), evaluando el recorrido de cada cambio y adoptando, de entre todos, aquel con menor recorrido, aplicándole a éste el mismo proceso.

El algoritmo diseñado realiza iteraciones en una distribución teórica (áreas de tamaño unitario distribuidas en una cuadrícula) intercambiando primero las áreas de dos en dos y luego de tres en tres. Este intercambio de áreas trae como consecuencia que la forma de la distribución inicial se mantenga, es decir, el programa nunca ubicará un área en una celda de la cuadrícula que en la distribución inicial estuviera en blanco.

Tiene como entradas un diseño inicial, y las frecuencias totales entre áreas. Al igual que el CRAFT, al encontrar una mejora vuelve a ejecutarse y repite el proceso hasta aplicar todo el proceso completo a una misma distribución sin encontrar mejoras. Este algoritmo fue programado en lenguaje «Visual Basic For Applications»

Partiendo siempre del diseño inicial propuesto, se realizaron múltiples corridas o ejecuciones del programa. Esto se realizó cambiando en cada una de ellas la forma de la distribución inicial, en función de los resultados obtenidos en la corrida anterior, para de esta forma encontrar mejores soluciones que el trabajo independiente del programa o del usuario.

Realizando esto para cada uno de los escenarios, se obtuvo una solución mejorada para cada uno. Estas soluciones resultaron ser iguales entre sí en lo que a distribución teórica se refiere, presentando unas pequeñas diferencias en el recorrido total para cada escenario. Esta diferencia se debió a la variación de los factores de peso para cada uno de los productos en los distintos escenarios, ya que los recorridos por proceso eran iguales.

Basándose en este diseño teórico inicial se procedió a realizar el diseño conceptual, el cual difiere del teó-

rico en que se toman en cuenta las limitaciones del edificio-planta, y que los tamaños de las áreas difieren entre sí. Adicionalmente se aplicaron las nuevas tendencias de distribución en planta (subplantas) para lo cual se definieron tres subplantas sobre la base de las distintas operaciones que se puede realizar sobre un producto, que son:

- * Subplanta de elaboración: comprende las operaciones metalmecánicas (cambian las características del producto).
- * Subplanta de tratamiento: comprende las operaciones de lavado, secado, pintado y cocción de la pintura (cambian las propiedades del producto).
- * Subplanta de elaboración: comprende las operaciones de ensamblaje (se montan distintas partes de un producto).

Posteriormente se definieron los factores a considerar para la transición de la planta actual a la nueva, proponiendo un plan de mudanza. Adicionalmente se estimaron los costos totales del plan de transición, incluyendo el costo del sistema de pintado (proyecto y construcción).

Como resultado final de este estudio se pudo concluir:

- * Disminución de los recorridos en más de un 75% para los distintos escenarios.
- * Disminución total de flujos cruzados para cada uno de los procesos estudiados.
- * Comportamiento similar de la rentabilidad para los distintos escenarios.
- * Efectos poco significativos de la variabilidad de las características de los productos sobre la D.P.
- * Alta flexibilidad de la distribución propuesta.
- * Mudanza sin paradas con un costo que representa el 16,56% de las ventas anuales promedio.
- * La aplicación de las nuevas tendencias resulta esencial para el mejoramiento continuo del desempeño industrial.

NOTAS

1. El uso de algoritmos heurísticos se debe a que los sistemas actuales no poseen la capacidad suficiente para realizar un proceso de optimización que permita encontrar la mejor solución para los problemas de D.P.

2. Desarrollado por Buffa y Gordon, es un programa que puede operar hasta con 40 departamentos y se basa en el algoritmo básico de transposición.

Estudio técnico-económico de opciones de suministro de energía eléctrica mediana empresa caso: tapas corona s.a.

Autor Académico: Nicola Buonanno.

Tesis para optar al título de Ing. Industrial

Elaborado por: Jessica Alvarez y Zulay Hung.

INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo especial de grado, consiste en realizar un estudio de opciones para el suministro de energía eléctrica a la empresa de Tapas Corona S.A., y recomendar la mejor opción a sus plantas ubicadas en Barcelona, desde el punto de vista técnico y económico.

Las tres opciones de suministro de energía eléctrica consideradas en este estudio, son las siguientes:

Caso Base: Suministro eléctrico desde Eleorienté mediante la alimentación eléctrica actual de la línea 13,8 KV.

Opción N°1: Suministro eléctrico mediante generación propia de electricidad para la demanda requerida.

Esta opción tradicional fue seleccionada por haber sido de amplia aplicación en el ámbito internacional; especialmente en aquellos países con una economía regida por las leyes de oferta y demanda cuyos servicios de electricidad y precios de combustibles no están sujetos a subsidios y controles estatales acentuados, en donde su aplicación generalmente resulta atractiva económicamente.

Desde el punto de vista técnico esta opción representa una mejor calidad del servicio eléctrico que la que ofrece el caso base, ya que se dispondría de generación propia de electricidad, esto significa una mayor estabilidad de los parámetros principales de la electricidad generada (voltaje y frecuencia) por lo que estaría menos sujeta a picos y depresiones transitorias de voltaje (inevitables en todo sistema de servicio eléctrico público como el de Eleorienté), de consecuencias indeseables y perjudiciales en los controles de los motores y equipos estáticos de alta sofisticación y sensibilidad a estas variaciones de voltaje, con las consiguientes pérdidas de producción que ello acarrea.

Esta opción de suministro comienza a ser sustituida por parte de un proveedor independiente de energía, por las ventajas que esta última ofrece a la empresa.

Opción N°2: Suministro eléctrico por parte de un proveedor independiente de energía, ésta modalidad es conocida como IPP (Independent Power Producer).

El IPP aporta además de los beneficios mencionados en la opción N°1, otros beneficios adicionales. Entre los beneficios adicionales que aporta a Tapas Corona como cliente consumidor se destacan: la propiedad, operación y administración de la planta eléctrica, son actividades realizadas por terceros (Outsourcing), ofreciendo un mayor control y calidad que el correspondiente de una empresa pública de energía eléctrica como Eleorienté.

Dentro de las opciones de Autogeneración e IPP, se evaluaron dos alternativas de generación de energía eléctrica (con turbinas a gas y con motores recíprocos a gas), de acuerdo a los requerimientos de las plantas de Tapas Corona. Entre ellos se seleccionó la mejor y se adoptó para la Autogeneración e IPP.

El estudio técnico-económico, incluye la evaluación de la confiabilidad, calidad del servicio, factibilidad del suministro eléctrico y el costo de la energía eléctrica que involucra cada una de las tres opciones. Para proceder a la comparación económica de las tres opciones de suministro de energía eléctrica, se estimaron las tarifas eléctricas que incluye a cada de ellas; gracias a esto se determinará la mejor elección.

ANTECEDENTES

Este tema surge de la preocupación de muchas empresas por el incremento de la inconfiabilidad del servicio eléctrico, quienes a su vez se han visto afectadas directamente en su proceso productivo, como es el caso de Tapas Corona S.A. La situación presentada, obedece

a que el sistema de suministro eléctrico nacional se ha ido deteriorando en los últimos años, como consecuencia del retraso de las inversiones requeridas para mantener y actualizar los sistemas de distribución y transmisión del país de acuerdo al crecimiento de la demanda nacional de energía.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

En la elaboración de este trabajo se utilizó la siguiente metodología:

- * Identificación del problema de suministro eléctrico presentado en Tapas Corona.
- * Presentación de otras opciones alternas de suministro de energía eléctrica como solución al problema.
- * Determinación de las características de la demanda eléctrica que requiere la Planta.
- * Definición de los criterios básicos y procedimientos que rigen el estudio para el establecimiento de los datos técnicos y económicos en la evaluación de las opciones del suministro eléctrico.
- * Estudio de la situación actual y futura de la Planta, con inclusión de un análisis estadístico de interrupciones del servicio actual (Eleoriente).
- * Evaluación de la confiabilidad y costo actual de energía comprada.
- * Definición de las opciones y alternativas de suministro.
- * Evaluación de la confiabilidad de las opciones de autogeneración e IPP.
- * Estudio de factibilidad técnica de la autogeneración e IPP.
- * Estimaciones del costo de capital y de producción de la planta eléctrica para cada opción.
- * Desarrollo de la ingeniería conceptual, que involucra la selección de las unidades de generación, la ubicación de la planta de generación, el diagrama unifilar conceptual del sistema de suministro eléctrico a la Planta y el plano de disposición general (layout) de la planta de generación.
- * Estudio económico comparativo de las opciones.
- * Conclusiones y recomendaciones.

Como primer paso fundamental, previo al estudio de las diferentes opciones de suministro de energía eléctrica a la planta de Tapas Corona, se realizó un estudio de la demanda de la energía eléctrica de las plantas de producción. Este estudio nos permitió establecer la capacidad instalada necesaria en la planta de generación para satisfacer la demanda de energía requerida por ambas plantas.

COMPARACIÓN ECONÓMICA DE LAS OPCIONES

En esta sección, se determina la mejor opción de suministro eléctrico desde el punto de vista económico. Para analizar la rentabilidad económica de las opciones de suministro de energía eléctrica, se elaboró un modelo que estima las principales variables de inversión, contemplando el valor del dinero en el tiempo. Los indicadores utilizados en este estudio son: la tasa interna de retorno (TIR), el valor presente neto (VPN).

El método apropiado para decidir entre las opciones consideradas para el suministro de energía eléctrica, consiste en comparar los costos anuales sobre la vida del sistema. El plan con los menores costos anuales será la elección más económica. En muchas situaciones prácticas, sin embargo, otros factores además del costo juegan un papel importante en la selección final. Esto es especialmente cierto cuando las diferencias de costo entre las alternativas es marginal.

La comparación económica de las opciones de suministro eléctrico presentadas en este estudio, se realizó a través de:

- * El valor presente (VPN) del costo de consumo de energía eléctrica.
- * La tasa interna de retorno (TIR).
- * El ahorro en valor presente neto, entre las opciones.

Para proceder a la comparación, se estimaron las tarifas eléctricas de cada opción:

Autogeneración (Opción N° 1)

El costo de producir la energía eléctrica, incluye los costos de capital y de producción (operación y mantenimiento, combustible y la energía de respaldo). A esta

cifra se le añade el costo correspondiente al período de aprendizaje de la operación de la planta (2 años).

IPP (Opción N° 2)

Se estimó la tarifa eléctrica mediante un modelo financiero con la tasa interna de retorno que requirió el IPP. Esta tarifa además de cubrir todas las partidas mencionadas en la Autogeneración, incluye la utilidad necesaria para obtener la tasa interna de retorno deseada por el IPP.

Eleorient (Caso Base)

Se estudió la confiabilidad del sistema eléctrico de Eleorient mediante un análisis estadístico de las interrupciones registradas en los reportes obtenidos en la planta de producción. Mediante este estudio se obtuvo el crecimiento de la confiabilidad del sistema para los próximos 10 años (período de estudio considerado en el trabajo de grado). La confiabilidad del servicio eléctrico de Eleorient va asociado a paradas no programadas en producción por falta de energía eléctrica lo que a su vez representa un costo generalmente no estimado debido a que anteriormente la confiabilidad del sistema eléctrico nacional era lo suficientemente buena como para no preocuparse del costo de estas pérdidas ya que eran mínimas. De esta manera, al prever un incremento en la confiabilidad, se estima un costo por pérdidas de producción cada vez más alto.

El costo de la energía comprada a Eleorient es de 75 mills\$/KWh, sin embargo, se calculó la tarifa equivalente que es la que involucra los costos por falta de energía, esta tarifa resultó en 82,9 mills\$/KWh. El cálculo de la tarifa equivalente se realizó de la siguiente manera:

1. Cálculo de costo de pérdidas en producción por falta de energía eléctrica.

Para el cálculo de los costos causados por la falta de energía, se consideraron aquellas interrupciones mayores de 20 min. Los costos involucrados en cada parada como son:

- * Mano de obra directa involucrada al ocurrir la falta de energía eléctrica.
- * Mano de obra indirecta involucrada al ocurrir la falta de energía eléctrica.
- * Sobretiempo (50% necesaria para recuperar la producción).
- * Desperdicios y reprocesos en los hornos.

* Otros (daños a equipos, reparación de equipos y repuestos). A continuación se muestra el cálculo de las partidas para la estimación de las pérdidas en producción por falta de energía.

2. Estimación del costo de la tarifa equivalente nivelada en KWh de operación

Dado que el costo de pérdida en producción por falta de energía eléctrica depende de la confiabilidad del sistema eléctrico, el procedimiento a seguir para el cálculo, es de la siguiente manera:

- * Se calculó la tasa incremental anual de la confiabilidad durante los años comprendidos del estudio (1.999-2.008), dicha confiabilidad fué estimada por los datos históricos de los reportes de falta de energía.
- * Se calculó el costo de pérdida en producción por falta de energía eléctrica en función de la tasa incremental anual de la confiabilidad.
- * El costo de pérdida en producción por falta de energía eléctrica para la planta de Tapas Plásticas (nueva planta) se consideró como un 9% adicional al de Tapas Metálicas.
- * El costo total equivalente de pérdida en producción por falta de energía eléctrica, se calculó como el costo total de pérdida en producción por falta de energía eléctrica (Tapas Metálicas más Tapas Plásticas) menos el ahorro de energía por interrupción.
- * El costo de la tarifa equivalente de pérdida por KWh de operación, es la calculada como la suma del costo de la energía comprada a Eleorient más el costo total equivalente de pérdida por KWh de operación (división del costo total equivalente de pérdida en producción por falta de energía eléctrica por la energía promedio consumida).

CONCLUSIÓN

Según la comparación económica obtenida, resultó menos conveniente desde el punto de vista de calidad y confiabilidad de servicio y costos, el suministro eléctrico desde la empresa pública de servicios, Eleorient (opción tradicional), a pesar de que la tarifa equivalente fue estimada por debajo de su valor real.

Aún cuando la tarifa de la opción de Autogeneración resultó ligeramente menor que la del IPP, se concluye que este ahorro marginal no compensa las ventajas adi-

cionales que ofrece el IPP con respecto a la Autogeneración, las cuales le agregan valor al accionista de Tapas Corona. Este ahorro bien pudiera ser invertido para las actividades de su negocio medular (producir tapas).

2. Estimación del costo de la tarifa equivalente nivelada en KWh de operación

Cada que el costo de pérdida en producción por tarifa de energía eléctrica depende de la confiabilidad del sistema eléctrico, el procedimiento a seguir para el cálculo, es de la siguiente manera:

Se calculó la tasa incremental anual de la confiabilidad durante los años comprendidos del estudio (1998-2008), dicha confiabilidad fue estimada por los datos históricos de los reportes de tarifa de energía.

Se calculó el costo de pérdida en producción por tarifa de energía eléctrica en función de la tasa incremental anual de la confiabilidad.

El costo de pérdida en producción por tarifa de energía eléctrica para la planta de Tapas Plásticas (nueva planta) se consideró como un 9% adicional al de Tapas Plásticas.

El costo total equivalente de pérdida en producción por tarifa de energía eléctrica, se calculó como el costo total de pérdida en producción por tarifa de energía eléctrica (Tarifa Históricas más Tapas Plásticas) menos el ahorro de energía por interrupción.

El costo de la tarifa equivalente de pérdida por KWh de operación, es la calculada como la suma del costo de la energía comprada e Efectos más el costo total equivalente de pérdida por KWh de operación (división del costo total equivalente de pérdida en producción por tarifa de energía eléctrica por la energía promedio consumida).

Conclusión

Según la comparación económica obtenida, resultó menos conveniente desde el punto de vista de calidad y confiabilidad de servicio y costos, el suministro eléctrico desde la empresa pública de servicios Eléctricos (opción tradicional), a pesar de que la tarifa equivalente fue estimada por debajo de su valor real.

Se estimó la tarifa eléctrica mediante un método financiero con la tasa interna de retorno que resultó el IPP. Esta tarifa además de cubrir todas las pérdidas mencionadas en la Autogeneración, incluye la utilidad necesaria para mantener la tasa interna de retorno deseada por el IPP.

Efectos (Case Base)

Se estudió la confiabilidad del sistema eléctrico de Efectos mediante un análisis estadístico de las funciones registradas en los reportes obtenidos en la planta de producción. Mediante este estudio se obtuvo el crecimiento de la confiabilidad del sistema para los próximos 10 años (período de estudio considerado en el trabajo de grado). La confiabilidad del servicio eléctrico de Efectos vs asociado a pérdidas no programadas en producción por tarifa de energía eléctrica lo que a su vez representa un costo generalmente no estimado debido a que anteriormente la confiabilidad del sistema eléctrico nacional era lo suficientemente buena como para no preocuparse por el costo de estas pérdidas ya que eran mínimas. De esta manera, al prever un incremento en la confiabilidad, se estima un costo por pérdidas de producción cerca de tres veces más alto.

El costo de la energía comprada a Efectos es de 75 mil \$/KWh, sin embargo, se calculó la tarifa equivalente que es la que involucra los costos por tarifa de energía, esta tarifa resultó en 82,9 mil \$/KWh. El cálculo de la tarifa equivalente se realizó de la siguiente manera:

1. Cálculo de costo de pérdida en producción por tarifa de energía eléctrica.

Para el cálculo de los costos causados por la tarifa de energía, se consideraron aquellos interruptores más jóvenes de 20 min. Los costos involucrados en cada parada como son:

- Mano de obra directa involucrada al ocurrir la tarifa de energía eléctrica.
- Mano de obra indirecta involucrada al ocurrir la tarifa de energía eléctrica.
- Solamente (50%) necesaria para recuperar la producción.

Definición y procesos en los hornos.

III. Artículos

La Educación Integral. El cambio tecnológico en la formación del Ingeniero

Ing. MS. Luis Enrique Palacios.

Definitivamente, el mundo ha cambiado mucho en los últimos años, los adelantos tecnológicos han avanzado prácticamente en todas las áreas del quehacer humano, cambiando la forma como vivimos y como desarrollamos nuestra profesión como ingenieros.

Así hoy en día comenzamos a hablar de Ingenieros de la Información y de la Genética como algo cotidiano en nuestra labor profesional, complementando el trabajo de las profesiones tradicionales como la Ingeniería Civil, la Botánica y el Derecho.

Este inmenso adelanto en todas las áreas del conocimiento ha hecho que el hombre deba necesariamente especializarse en un pequeño sector que se transforma en su área de experticia y se observan individuos que se ganan la vida conectando computadoras, limpiando inyectores o diseñando museos.

Para atender los requerimientos del futuro profesional de sus egresados, los Colegios y Universidades han multiplicado la cantidad de materias que forman el Pensum de estudios, en un intento por cubrir las distintas áreas del conocimiento que le pueden ser útiles al profesional en el ejercicio de su experticia.

El gran problema surge cuando los métodos de enseñanza para cubrir los requerimientos de formación profesional, se mantienen obsoletos y se continúa dependiendo del tradicional pizarrón y de la escueta lección del profesor.

Desde la época de los griegos hasta final del siglo pasado, era posible acumular todo el conocimiento existente en la mente del reconocido "Sabio", sin embargo los adelantos modernos han hecho que hasta la misma enorme Biblioteca del Congreso Americano no pueda mantenerse al ritmo del progreso, mucho menos podemos pensar que un profesor sea capaz de transmitirle al estudiante, los conocimientos que requiere para ser competitivo en su profesión.

Todo esto nos hace pensar que el futuro de la profesión se dirige al concepto del profesor como un orientador, cuya labor es asesorar al estudiante en su intento por culturizarse en las áreas del conocimiento que le sean de su interés.

Y aquí se pueden conseguir uno de los problemas fundamentales que enfrenta la educación, el estudiante ha perdido la noción integradora del conocimiento, por lo que tiene dificultad para asociar la interrelaciones entre las distintas materias del pensum.

Esto se ha traducido en la práctica en un aborrecimiento ilógico de algunas materias como las matemáticas, el cálculo y la química, simplemente porque no encuentra ninguna conexión de sus estudios con los conocimientos que requieren para ser exitosos en el mundo profesional.

Toda esta situación hace pensar que la educación está por llegar a un punto de cambio trascendental, con la aparición de un nuevo paradigma educativo.

¿Qué es la Educación Integral?

Es una metodología educativa, es una tendencia donde se estudian las materias del programa en una forma integral, continua y sistemática, en base a la ejecución de proyectos de investigación.

La metodología de trabajo implica la elección de un proyecto de investigación sobre un tema que le es interesante al estudiante, de forma que pueda ser desarrollado mediante la observación de una realidad, asociarla con las distintas áreas del conocimiento y expresar lo analizado mediante presentaciones, esquemas, informes, juegos y expresiones artísticas.

El planteamiento didáctico, concibe la enseñanza para la vida del estudiante y sus necesidades en el medio, motivando al estudiante a que él mismo explore las distintas áreas para completar el proyecto, el cual se rea-

liza bajo un trabajo grupal efectivo, por lo que cumple un rol socializador, fundamental para el desarrollo integral de la persona.

¿Cómo se realizan los proyectos de investigación?

La metodología que deben seguir contempla los siguientes pasos:

* Elección de temas: El estudiante elige un tema según sea su centro de interés entre las alternativas que ofrece el instituto educativo y la realidad nacional, para desarrollar como proyecto de investigación.

En el caso de estudiantes de Ingeniería, estos deben elegir temas de actualidad e interés como el manejo de la energía, el sistema de vialidad de una ciudad, la operación de una fábrica de arroz, el sistema de localización por satélites, etc.

* Formación de equipos: Los estudiantes que tienen intereses similares se agrupan en equipos de trabajo, que pasan por un proceso de actividades diseñadas para formar un equipo efectivo. Estos estudiantes pueden pertenecer a distintos niveles dentro de una misma carrera o provenientes de distintas carreras.

* Alcance del proyecto: Cada proyecto de investigación debe definir su alcance en base a las limitaciones de tiempo, espacio y recursos que tiene el grupo y se prepara un plan de recopilación de información y trabajo.

* Exploración del conocimiento: Para hacer la investigación será necesario explorar las distintas teorías y áreas de conocimiento que contribuyen a formar el cuerpo de información que se requiere para dominar el proyecto. Ello implica investigar, recopilar material, hacer mediciones, analizar datos y formar conclusiones.

Por ejemplo, si el equipo está investigando la operación de una planta procesadora de arroz, deben estudiar la biología para investigar sobre los procesos formativos de la materia prima, deben aprender como se organiza una fábrica, cómo son las relaciones humanas, deben explorar los procesos termodinámicos y químicos que forman parte en la generación de la energía para procesar, los usos finales del producto, las variables económicas que dominan el mercado del arroz, los procesos de permisología para su exportación, etc.

* Diálogo con especialistas: Durante el transcurso de la investigación, el grupo debe consultar con especialistas de cada una de las áreas involucradas, visitar instalaciones, asistir a eventos culturales y otras actividades relacionadas con el sector.

* Verificación del progreso: Los estudiantes y el orientador se deben sentar a evaluar el progreso del proyecto para replanificar y diseñar la metodología de expresión final de sus hallazgos y aprendizajes.

* Exposición: El equipo debe presentar los distintos avances relacionados con la investigación realizada. Debe contemplar cuáles fueron las principales preguntas que el grupo se planteó ante el reto, Cómo hicieron para investigarlas y cuáles fueron sus principales aprendizajes. Cada equipo estudiará las asignaturas tradicionales en la medida que estas le permitan nutrir su proyecto de investigación y en la profundidad que su nivel se lo permita.

¿Cuáles son los beneficios de seguir un esquema de educación integral?

* Sirve para promover el entendimiento hacia el nuevo rol de educador como un orientador para que el estudiante aprenda a investigar y a buscar el conocimiento donde este se encuentra.

* Forma al estudiante para el trabajo en equipos diversificados, lo que aumenta el espectro social de la persona.

* Crea conciencia del valor de la educación técnica y práctica para la actividad económica del país.

* Hace que el estudiante sienta un mayor placer en el aprendizaje, mediante un esquema que es mas entretenido y participativo.

Un movimiento interesante fue el estudio realizado por la Asociación Americana para la Educación, sobre el análisis del incremento del período escolar en los Estados Unidos de América, el cual demostró que un mayor número de horas de dedicación escolar, bajo el concepto educativo tradicional, no contribuían a incrementar el nivel académico de los estudiantes, reportándose inclusive en ciertos casos, decrementos en el puntaje académico.

Un programa que vale la pena mencionar es el de educación social, desarrollado en la Universidad de California (USA), que está basado en la teoría educativa de la enseñanza integral y contempla la participación de los estudiantes en eventos de 3 semanas en los laboratorios de la Universidad. Durante el programa, los estudiantes desarrollan diversos proyectos de investigación académica, donde estudian diversos aspectos del conocimiento científico humano, relacionados con un tema principal.

En Venezuela existen ya varios colegios abiertos hacia la exploración de nuevos métodos de enseñanza, e

inclusive hay un movimiento importante dentro del Ministerio de Educación.

A nivel Universitario es conveniente destacar en este punto, el trabajo realizado por la Universidad Tecnológica del Centro (UNITEC), la cual tiene dentro de su esquema educativo, un sistema dual que combina la formación académica del estudiante de carrera con la ejecución de trabajos por equipos de proyectos.

Otros sectores del país mantienen esa metodología como forma de enseñar, como sucede con la educación informal impartida por los campamentos, donde estas ideas están cristalizadas en el proyecto "Semana Verde", que busca despegar al estudiante de la ciudad para que pueda aprender en un ambiente natural, basado en la recreación.

Título	Autor
Curso de Derecho Mercantil	Alfredo Morales Hernández
Ignacio de Loyola (La aventura de un cristiano)	José Ignacio Techeira
El Guión fin y transición	Elsa Martínez de Badoa
Agua para la vida	Valdes
Las Hijas de María Auxiliadora (Hermanas Salesianas) en la educación venezolana	Luisa M. Polso Pérez
Un espejo a lo largo del camino	Javier Dúpla
Pruebas estadísticas en la investigación de mercado	Andrés Miñano Llagostera
Modernismo americanista y Literatura Infantil	Jairo Tebesco
Justicia en el mercado	Raúl González Fabre
Latín. Gramática y Ejercicios	Liduvina Carrera
Guyana (Historia de su territorialidad)	Manuel Alberto Donis Ríos
El colegio San José: Los jesuitas en Mérida (1927-1982)	Carmen H. Carrasquel Jerez
Una utopía sofocada: Reducciones jesuíticas en la orinografía	José del Rey Fajardo, s.j.
Cambio de la lista de la medicina en Venezuela	Rafael Corbero-Moreno
Capacidad de los procesos industriales: Métodos estadísticos exigidos por las normas ISO - 9000	Ángel Francisco Arvelo

Publicaciones UCAB

Novedades

Autor	Título
Alfredo Morales Hernández	Curso de Derecho Mercantil
José Ignacio Tellechea	Ignacio de Loyola (La aventura de un cristiano)
Elisa Martínez de Badra	El Guión fin y transición
Varios	Agua para la vida
Luisa M. Poleo Pérez	Las Hijas de María Auxiliadora (Hermanas Salesianas) en la educación venezolana
Javier Dúpla	Un espejo a lo largo del camino
Andrés Miñarro Llagostera	Pruebas estadísticas en la investigación de mercado
Ítalo Tedesco	Modernismo americanismo y Literatura infantil
Raúl González Fabre	Justicia en el mercado
Liduvina Carrera	Latín. Gramática y Ejercicios
Manuel Alberto Donís Ríos	Guayana (Historia de su territorialidad)
Carmen H. Carrasquel Jerez	El colegio San José: Los jesuitas en Mérida (1927-1962)
José del Rey Fajardo, s.j.	Una utopía sofocada: Reducciones jesuíticas en la orinoquia
Rafael Cordero-Moreno	Compendio de la historia de la medicina en Venezuela
Ángel Francisco Arvelo	Capacidad de los procesos industriales Métodos estadísticos exigidos por las normas ISO - 9000

TABLA 1

GRUPOS LÍDERES DE ACTIVIDADES

¿Tiene futuro la industria Venezuela?**Ing. Roberto Vainrub MSc***Profesor Asociado, Cátedra de Gerencia Industrial 10° semestre,**Escuela de Ingeniería Industrial*

En el sector petrolero, cuando se refieren a «la industria», tácitamente se sobreentiende que se está hablando de nuestra formidable industria petrolera. Esta no es la industria sobre la cual trata el título de este artículo; nuestra industria petrolera básica ha demostrado a lo largo de varias décadas ser muy competitiva a nivel internacional. Lamentablemente no podemos decir lo mismo sobre el resto de la industria nacional; por supuesto, con honrosas excepciones.

Anualmente, el International Institute for Management Development (IMD) basado en Lausanne Suiza, publica un reporte sobre la competitividad entre distintos países (The World Competitiveness Yearbook). Esta compleja evaluación, califica un número grande de parámetros cuyo resultado se sintetiza en lo que dan a conocer como el «ranking de la competitividad» y donde invariablemente durante los últimos años, nuestro país ha ocupado los últimos peldaños.

Hay quienes critican la validez de este reporte diciendo que nos ponen a competir con sólo 50 a 60 países, los cuales por supuesto se consideran entre los más competitivos del mundo, o quienes comentan que el mecanismo de evaluación no es el más idóneo. Uno u otro argumento no son realmente importantes a la hora de verdaderamente probar nuestra capacidad competitiva; para ello, dejemos que los números hablen.

En el documento de CORDIPLAN donde se delinea «EL XI Plan del País» (febrero 1995) y en lo que se conoce como la «Agenda Venezuela», el gobierno nacional pretende enrumbar o dar lineamientos de hacia donde debería ir el país y donde ubicarse en el concierto del comercio internacional.

En el análisis que pretendemos hacer en este papel de trabajo, deliberadamente hemos decidido dejar de

lado al sector petrolero. Es harto conocida la debilidad de una economía monoprodutora, por lo cual, nos abocaremos al sector no petrolero de la economía. En este sentido, el Capítulo 3 de la Agenda Venezuela, titulado «La Transformación Productiva para la Exportación», habla sobre el nuevo enfoque que debería tomar el sector industrial venezolano basado en el crecimiento hacia afuera, aprovechando las ventajas comparativas que ofrece el país.

Para ello, CORDIPLAN define «Los Grupos Exportadores» que buscan la mayor proyección y aprovechamiento de la infraestructura industrial del país y los separan en 3 grupos básicos:

Los Grupos Líderes de Actividad (GLA)

Las Cadenas de Globalización

Los Sectores de Dinamismo Exportador

Además, define a cada GLA como «el conjunto formado por una actividad motriz de nuestra industria y sus encadenamientos, que se encuentran ligados a los procesamientos en los cuales tenemos ventajas comparativas y competitivas y donde es posible desarrollar y mantener a mediano y largo plazo una alta competitividad y un dominio estratégico de la innovación que los convierte en importantes actores en el mercado global».

Basado en estos GLA, se organizan actividades conexas agua arriba vía insumos o agua abajo vía producto con mayor valor agregado, o por el camino de actividades laterales que soporten o suplan a las primeras.

La Tabla 1, resume los grupos seleccionados por CORDIPLAN para servir de eje central de la transformación productiva del país.

TABLA 1

GRUPOS LÍDERES DE ACTIVIDADES

GLA	INDUSTRIA MOTRIZ	ENCADENAMIENTO AGUAS ABAJO
PETROQUÍMICA	Producción de gas natural.	* Sustancias químicas Industriales.
	Producción Petroquímica Básica	* Abonos Plaguicidas.
MINERÍA METÁLICA BÁSICA	Explotación	* Resinas sintéticas, materiales plásticos y fibras artificiales.
	Preredución de productos Planos, no planos y tubulares semielaborados	* Pinturas, Barnices y Lacas.
		* Producción Base Asfalto.
		* Productos Plásticos.
ORO	Actividades de exploración,	* Aleaciones metálicas.
	Explotación y Producción de Oro.	* Herramientas manuales.
		* Muebles y acc. metálicos.
		* Productos metálicos estruc.
		* Productos metálicos estruc.
		* Envases metálicos.
		* Resortes y Prod. de alambre.
		* Maq. Y Eq. Agrícolas.
		* Maq. Para metales y madera.
		* Maq. y Eq. P/Industria.
		* Maq. y equipo eléctrico.
		* Eq. y acc. Domésticos.
		* Fab. Vehículos automotores, sus partes y piezas.
		* Materiales de transporte.
		* Aleaciones.
ENERGÍA	Generación Eléctrica.	* Orfebrería.
		* Barras y Lingotes.
MADERA	Plantaciones Forestales.	* Oro laminado trabajado.
		* Polvo de Oro y sus productos.
		* Joyería.
		* Productos Metálicos
		* Maquinaria y equipos eléctricos.
		* Pulpa, papel y carbón.
		* Aserrín de madera.
		* Tableros y otros laminados.
		* Materiales de madera para edificaciones.
		* Productos varios de corcho y madera.
	* Empaque de madera.	
	* Muebles y accesorios.	

Con la ayuda de los Ingenieros Industriales de la UCAB Daniel Guidi y Nelson Carrillo se calcularon los valores de la balanza comercial de cada una de las partidas arancelarias que se mencionan en la Tabla anterior (las cifras son publicadas por el gobierno con más de un año de retraso y el cálculo fue hecho a mediados de 1996) y que se reúnen en el cuadro indicado a continuación.

BALANZA COMERCIAL GLA 1994	
Encadenamiento Aguas Abajo	
US\$ 000000	
PETROQUÍMICA	(571.6)
MINERÍA METÁLICA BÁSICA	(5.489)
ORO	+271.5
ENERGÍA	(93.3)
MADERA Y PAPEL	(293.8)
	(6.176.3)

Fuente: Trabajo de Investigación "Algunas Consideraciones sobre la GLA y el papel de Venezuela en el Comercio Internacional" - Ing. Roberto Vainrub.

Los países verdaderamente ricos del mundo son los conocidos como países industrializados; entendiendo industria como aquella donde se realizan procesos de transformación donde se agrega valor. El cuadro anterior precisamente sería la que nosotros agregamos muy poco valor, más grave aún, cuando esto sucede precisamente en áreas que el gobierno ha definido como estratégicas para dejar de ser un país monoprodutor. La pregunta que se deriva inmediatamente es ¿por qué?

La respuesta es muy compleja y tiene que ver con muchos factores entre los que seguramente ha de incluirse el mismo hecho de tener petróleo, factores educativos, así como la ausencia total de una política industrial (desde la vieja política de sustitución de partes diseñada originalmente bajo el gobierno de Rómulo Betancourt), adobamos por una economía petrolera que permite sostener artificialmente una paridad cambiaría

que favorece a las importaciones y perjudica a las exportaciones en una economía altamente inflacionaria. La industria venezolana si tiene futuro pero para demostrar su potencial, requiere de la implantación de una seria y completa política industrial. Estas medidas deberán ir acompañadas por substanciales mejorías en el área educativa y por una drástica reforma al sistema judicial entre otras.

Aunque en este artículo no pretendemos sentar las bases para la formulación de una verdadera política industrial, no queremos eludir la responsabilidad de simplemente criticar y alertar sobre un grave problema sin siquiera dar algunas recomendaciones que quizás permitan abordar una pequeña parte de lo que sería verdaderamente una política industrial. En este sentido, a continuación daremos algunas recomendaciones de carácter muy general en relación a los GLA.

Si verdaderamente se espera que los GLA representen una alternativa para el país, el gobierno debería considerar el apoyo a estos sectores mediante medidas transitorias que permitan el desarrollo de las industrias encadenadas aguas abajo.

En este sentido proponemos tres (3) medidas específicas que no chocan, a nuestro entender, con los acuerdos internacionales vigentes que tiene suscrito Venezuela, a saber: Pacto Andino, Grupo de los 3, con la Organización Mundial del Comercio y otros. (En este escrito no haremos recomendaciones de carácter sectorial).

Las proposiciones serían:

A) Eliminación del impuesto a las Ventas para las actividades relativas a los GLA.

B) Incentivos Fiscales para inversiones en bienes de capital en industrias conexas a los GLA y eliminación del impuesto a los Activos Empresariales de las industrias dedicadas a las actividades seleccionadas en forma transitoria.

Estos apoyos serían vigentes por un período de 5 años, al cabo de los cuales se propondría reducir el apoyo a la mitad para los próximos 5 años.

Después de este período de 10 años, se deberá hacer una reevaluación de los sectores calificados como GLA y ratificar o redefinir a los miembros de estos grupos.

Los impuestos a las ventas dejados de cobrar serán compensados con creces por medio de mayores recaudaciones de impuestos sobre la renta a las empresas

calificadas como pertenecientes a los GLA y a los nuevos empleos generados por esta política promotora de estos sectores.

C) Aprovechamiento aguas abajo de las ventajas comparativas.

Son bien conocidas desde el punto de vista industrial las desventajas de operar en Venezuela, para ello sólo hace falta ver la calificación de Venezuela en la evaluación del IMD. Pero en muchos casos, el problema radica en que en el sector terciario de la economía, no son aprovechadas las supuestas ventajas del país. Productos de la siderúrgica, de la petroquímica y del sector aluminio generalmente se venden a precios internacionales, y de vez en cuando superiores a éstos. Es decir, en muchos casos las industrias tienen las desventajas que resultan de operar en Venezuela sin disfrutar de las supuestas ventajas.

La proposición sería garantizar que las ventajas sean permeadas hacia los sectores productivos nacionales. Aguas abajo, la industria debe contar con garantía de suministro, precios y calidades que verdaderamente justifican el predicamento de las ventajas comparativas sostenibles que tiene el país.

En resumen, con estas tres (3) primeras recomendaciones, estamos poniendo algunos lineamientos globales que eventualmente pudieran formar parte de una nueva política comercial que representa un híbrido, entre la conocida política neoliberal con una política neocepalista.

La proposición específica sería en primer lugar, definir en forma de consenso general, donde se incluyan a las Cámaras Empresariales, los Partidos Políticos, al Sector Militar y hasta al Clero, un acuerdo nacional donde se definan los GLA. En este sentido CORDIPLAN deberá preparar un informe técnico muy bien sustentado, donde recomiende que sectores (separando al sector petrolero básico), deberían ser los que en el futuro motoricen la economía nacional y la hagan menos dependiente del sector petrolero.

Una vez acordado cuáles serán los sectores que en definitiva integrarán los denominados GLA, se permitiría una muy amplia apertura a la importación de todos los demás sectores. Para el caso de los GLA, además

de las políticas generales que hemos mencionado, habría que concebir un grupo de políticas sectoriales que impulsen y se ajusten a cada GLA en particular. Estos impulsos son definitivamente necesarios para permitir que se exploten las industrias encadenadas aguas abajo, y se revierte la tendencia hasta ahora mostrada, donde el valor unitario de las exportaciones es tanto menor que el de las importaciones.

Existe la experiencia en mucho países, incluyendo el nuestro, donde se han desatado profundas crisis económicas producto de procurar mantener a raya la inflación por la vía monetaria únicamente. Preservar una paridad estable a costillas de ingresos petroleros extraordinarios, se revertirá en una crisis aún más profunda cuando el efecto extraordinario pase. La respuesta real es la producción en forma sostenida.

La proposición será dar apertura a las importaciones de los grupos no seleccionados (donde no tenemos ventajas comparativas) para que el consumidor adquiera estos bienes a los mejores precios. A su vez apoyar a los sectores seleccionados para abrir fuentes de trabajo y fomentar la posibilidad de permitir mayor consumo a otros grupos de venezolanos, que por su aporte en el sector productivo puedan comenzar a participar en la economía.

Desde el punto de vista monetario, evidentemente que el incremento de las exportaciones no tradicionales, y en particular de aquellas con mayor valor agregado, permitirán una fuente alterna de ingreso de divisas (además del efecto multiplicador en la economía) y un ahorro de divisas en las importaciones al restringirlas a las áreas donde no somos competitivos. Mayor producción, mayor empleo (recordemos que el sector petrolero básico apenas emplea unas pocas decenas de miles de personal), mayores exportaciones y menores importaciones resultarán en un mejor control de la inflación y en paralelo un mayor poder adquisitivo del Bolívar. Paralelamente, el gobierno con una mayor recaudación, gracias a incrementadas utilidades de las empresas, con mayor número de contribuyentes y menores cargas económicas, producto de las privatizaciones, pudieran dedicarse a hacerlo mejor en el fomento de la economía y en las áreas que más le competen: salud, educación y seguridad, y así ofrecer una mejor calidad de vida al pueblo venezolano.

Imágenes del progreso en la revista técnica del ministerio de obras públicas

Francisco Javier Pérez¹

A la memoria de Federico Pérez Barrera, quien dedicó los mejores años de su vida a medir las selvas de Guayana como agrimensor del MOP.

LOS TEXTOS Y LA HISTORIA

No siempre llega a entenderse la significación que tienen los textos para la memoria de las ciencias. Mucho menos en el caso de las ciencias que lograron edificar y rediseñar la propia imagen de una nación. Construir un edificio o un puente marca la posibilidad de establecer la fachada misma del país que el progreso y la modernidad buscan ofrecer. Frente a esto la significación de las producciones del espíritu -y todo texto, sea el que sea, es producción espiritual- queda minimizada. Frente a un ferrocarril o un acueducto, un libro o una publicación periódica no significa -se cree- nada.

Pero, el gran Francisco de Quevedo saldría al paso en el ya lejano siglo XVI al axiomatizar frente a las ruinas de la Roma *Inmortal*, que lo estable y firme había muerto y que lo fugaz y efímero se mantenía vivo: "Murió lo que era firme y solamente lo fugitivo permanece y dura". Y, como siguiendo a Quevedo, la cultura física de otros tiempos se resiste a desaparecer desapareciendo y lo predeciblemente fugitivo sigue estando allí.

Estas reflexiones son las que suscita la lectura y revisión de la *Revista Técnica del Ministerio de Obras Públicas*. Publicada periódicamente por el organismo rector de la actividad ingeniera del país e impresa por la célebre Lito. y Tip. del Comercio, nos permite hoy reconstruir el pasado de la ingeniería civil venezolana y documentar el origen y aplicación de técnicas, métodos y utilización de recursos de una especialidad que quiso asumir el riesgo de darle a un país con rostro mínimo y aparentemente acolegado, la faz moderna y arrolladora del crecimiento y el progreso.

El presente estudio tiene como objetivo entender cómo la *Revista Técnica* fue, a su vez, la imagen de ese riesgo.

ANTECEDENTES HEMEROGRÁFICOS

Desde mediados del siglo XIX la actividad de la ingeniería venezolana abre la reflexión sobre sus logros y la divulgación de sus proyectos con la edición de varias publicaciones periódicas. La primera de ellas es la *Revista Científica* que comienza a circular un año después de fundado el Colegio de Ingenieros (1861) y del que se entendía como órgano de divulgación, el 5 de enero de 1862. Ese mismo año, aparecerían los únicos ocho números de la revista. Lino José Revenga, Manuel María Urbaneja y Agustín Aveledo serían los redactores de esta revista que ofrecía un grupo de secciones temáticas que, en gran medida, influirían en la estructuración de posteriores publicaciones sobre la especialidad: Sección de Ciencias Física-Matemáticas, Sección de Ciencias Naturales y Meteorología, Sección de Estadística, Sección Militar, Relaciones oficiales y, por último, Miscelánea. Asimismo, resultaba interesante en esta publicación fundadora e inicial que sus intereses trascendían el ámbito puramente ingenieril haciendo posible la publicación de trabajos de ciencia en un sentido muy global. En cierta medida, la carencia de revistas científicas especializadas marcaría este tópico estructural en todas las publicaciones periódicas de la ingeniería venezolana hasta la *Revista Técnica del Ministerio de Obras Públicas*. Asimismo, el Colegio de Ingenieros publicaría con menor suerte solamente el primer número del *Anuario de Observaciones Astronómicas* durante la Guerra Federal.

Como continuación de estos primeros intentos aparecería *El Ingeniero* en enero de 1898. Editado también por el Colegio de Ingenieros e impreso bajo el cuidado de la afamada tipografía "El Cojo", se publicaron seis

números ese mismo año. Aunque esta publicación no pudo alcanzar el rango que obtuvo la primera revista del género (Arcila Farias 1961: I, 348), dejó constancia de las sesiones de la corporación, así como del catálogo de libros de su biblioteca, y comenzó a publicar los primeros resultados del levantamiento del Mapa Físico de Venezuela por parte de Felipe Aguerrevere y Luis Ugueto (Fundación Polar 1988: II, 553).

Modernamente, una vez que el Colegio de Ingenieros reinicia sus actividades después de la pasividad de los primeros años del siglo XX, se propone la fundación de un nuevo órgano de difusión. Esta vez será la creación de la definitiva *Revista del Colegio de Ingenieros de Venezuela* el año 1923. Primero de aparición mensual y luego trimestral, tiene un complemento en el *Boletín del Colegio de Ingenieros de Venezuela* que desde 1955 forma parte encartada de la *Revista*, está destinada a estudios técnicos y científicos, mientras que aquél a noticias e informaciones sobre proyectos y sobre el ejercicio profesional.

En este marco de publicaciones periódicas, la *Revista Técnica del Ministerio de Obras Públicas* cumplió una labor muy determinante como divulgadora de los proyectos gubernamentales y de la actividad oficial en materia de ingeniería.

LA REVISTA Y SUS OBJETIVOS

La *Revista Técnica* del antiguo Ministerio de Obras Públicas (MOP) comenzó a publicarse el mes de enero de 1911, estando Román Cárdenas al frente del despacho de Obras Públicas. Tuvo continuidad la publicación, con los altibajos que la vida nacional condicionaba en ella, hasta casi mediados del siglo.

En el "Prospecto" que abre la publicación encontramos los objetivos y metas que pretendía alcanzar la revista. Se constituiría en vehículo de difusión de todas las obras gubernamentales y privadas en materia de vialidad y vías de comunicación, de las cuentas de las Comisiones científicas, de acueductos y de las edificaciones nacionales. Asimismo, la revista permitirá la divulgación de estudios dedicados a la ciencia y práctica del ingeniero, así como a otras materias científicas que puedan asociarse al interés de la especialidad:

Contribuirán a ilustrar las columnas de la Revista, documentos de toda especie donde se encontrará, claramente ordenado, lo relativo al importante ramo de las Obras Públicas; todo lo que pueda contribuir al fomento de las vías de comunicación, nacionales y seccionales, figurando en primer término, en este capítulo, los trabajos de las Comisiones científicas creadas por Decreto de 24 de junio último, para el estudio del

plan general de vías de comunicación; lo referente a los acueductos de todas nuestras poblaciones, con la crítica de su estado actual y la indicación de las mejoras más importantes que requieran; descripciones de los edificios nacionales, sus planos, los sistemas de construcción en ellos empleados, su mérito artístico y sus condiciones generales; los precios de la obra de mano y de los materiales de uso corriente en las Obras Públicas nacionales, con especificación de las cantidades de cada uno de ellos que entran en las distintas obras elementales.

Pero la mente creadora de este periódico vá aún más allá: en sección especial, se describirán con interesantes detalles, las instalaciones industriales del país, debidas al esfuerzo privado de nuestros compatriotas; y se abrirá amplio espacio a los estudios, tanto teóricos como de aplicación, en que se hallen interesadas la ciencia y la práctica del Ingeniero, y muy especialmente, a aquellos que se relacionen con nuestro país ó con los elementos de que más fácilmente se dispone en Venezuela; sin dejar de recordar, también, las páginas olvidadas, algunas de ellas inéditas, de los veteranos de nuestra Ingeniería en época pasada, muchas de las cuales duermen en archivos, devoradas por la polilla, sin beneficio alguno para los nuevos iniciados, a quienes deberían servir de guía y de enseñanza provechosa, perdiéndose así un caudal considerable de intelectualidad y de labor. Será ésta propiamente una Revista de Ingeniería nacional, que dará acogida en sus columnas a todos los conocimientos conquistados por nuestros Ingenieros, en la lucha que han tenido que sostener con el medio, para adaptar a nuestro suelo los métodos y procedimientos establecidos en otros países, de naturaleza y condiciones diferentes; y que revelará, ante propios y extraños, el desarrollo industrial de Venezuela, al cabo de una centuria de vida independiente. La realización de este programa contando, como contamos, con el apoyo oficial y con la colaboración de nuestros más distinguidos Ingenieros, será obra fácil y meritoria, de que podremos enorgullecernos.²

Se trataba, pues, de hacer de esta publicación una suerte de memoria de la actividad ingeniera del país³ con la finalidad de entender los avances y el estado actual de las obras, así como de servir de cartelera de algunos textos representativos de la actividad científica en el país.

ESTRUCTURA

Los primeros números de la revista fijaron una estructura que se mantendría, casi sin cambios, a lo largo de toda la existencia de la publicación.

Sistemáticamente cada número reuniría los materiales en las distintas secciones que componían la publicación. Estas secciones fijas eran: *Sección Oficial* (incluía los resultados obtenidos por las Comisiones científicas exploradoras del Occidente, Oriente y Centro del país, entre otros), *Industrias Nacionales* (divulgación de la labor llevada a cabo por la empresa privada en materia de edificación e industria) y *Memorias y Estudios sobre asuntos Técnicos Nacionales* (dedicada a la publicación de estudios monográficos sobre temas científicos de interés)⁴. Junto a estas secciones de Texto, la revista hizo un gran esfuerzo por no descuidar los refuerzos visuales de la publicación. Así, pueden verse ilustrados la casi to-

talidad de los textos publicados. Fotografías, dibujos y planos, muchos de ellos en paginación desplegable, de las distintos proyectos y obras en construcción constituyen parte determinante de esta revista y de las imágenes del progreso del que estas imágenes son elocuente llamado. Un índice, al final de cada número, daba cuenta tanto de la parte textual de la publicación como de los Grabados reproducidos. Este índice (= Sumario), alternaría de posición en los números más recientes de la revista colocándose una vez al comienzo de la publicación y, otras, al final.

A pesar de su regularidad esta estructura sufriría leves modificaciones a partir del año 1936 (N° 68). Se incluirían algunas secciones nuevas: por ejemplo, la de "Publicaciones recibidas", así como las notas tituladas "Nota Editorial" y "Marginal", que abren las páginas de la revista. Asimismo, la revista comenzaría ofreciendo una periodicidad mensual y terminaría con una bimensual, sufriendo una interrupción de su regularidad de aparición entre los años 14 al 32⁵.

SEMÁNTICA DEL CORPUS

Como sabemos, la *Revista Técnica* tuvo una vida relativamente extensa para una publicación periódica de esta naturaleza. Sin considerar algunos períodos de silencio, la continuidad de la publicación se cumplió desde enero de 1911 hasta, aproximadamente⁶, la mitad del siglo⁷. Esta relativa continuidad, por otra parte, permite que uno de los aspectos más interesantes de reflexión culturalista, ése gracias al cual la entendemos hoy, no sólo como documento de la actividad de la ingeniería venezolana, sino como testimonio de los intereses constructores del progreso del país. Más allá del rescate de una pieza de arqueología hemerográfica, el estudio de esta revista hace posible que nos propongamos reflexionar sobre la significación de las propuestas conceptuales de la publicación o, lo que podríamos llamar, *semántica del corpus*.

Según esto, debe tenerse en cuenta: 1) el nivel referencial de los trabajos publicados. Como publicación científica, la revista busca informar y divulgar objetivamente los resultados obtenidos en las distintas obras y el estado actual de los proyectos en curso. Aquí, el significado tiene que resultar de una decodificación referencial, inmediata e inequívoca del contenido de los textos de los artículos e informes; 2) el nivel ideológico, que permite una lectura latente, ideologizada, mediatizada y manipulada de la información que los textos sugieren como apa-

rente referencia; y 3) el nivel poético, aquel que hace posible la construcción de un imaginario del progreso.⁸

Estudiemos estos tres niveles. El primero de ellos resulta de muy fácil comprensión, tomando en cuenta que se refiere a la gran mayoría de los textos publicados que, por finalidad, se proponen explicar denotativa y científicamente los logros de las distintas obras. Gracias a ellos podemos reconstruir la historia de la ingeniería nacional. El segundo nivel, en cambio, traslada la comprensión de los textos hacia un plano de naturaleza discursiva en donde lo que plantea es el resultado de una plataforma publicitaria y un correlato de los logros políticos y gubernamentales. Estos textos permiten documentar la evolución de las ideologías, al mismo nivel que otras producciones culturales e intelectuales, en donde percibimos más inmediatamente sus valores ideológicos. Por último, el nivel que a falta de mejor nombre llamamos *poético*, permite connotativamente observar los espejos que nos convencen de la evolución hacia el progreso a través de una construcción ficcional.

Algunos ejemplos:

*nivel referencial:

Practicados los estudios y trabajos preliminares del caso en varias de nuestras arterias principales, la Carretera Central del Táchira comienza ya a ver macadamizada parte de su primera sección, para cuyos trabajos cuenta con un tren completo de trituración mecánica y con un cilindro aplanador, que pronto será acompañado de otro igual; y la Carretera del Este, que parte de la ciudad de Caracas y llega hasta Guatire, dotada también (sic) de un cilindro semejante, muestra en su primer trayecto el pavimento de macadam, el cual por su bondad y sólida construcción ha llamado notablemente la atención del público de la capital. (MOP 1912a : 57)

*nivel ideológico :

Las Comisiones exploradoras, nombradas en virtud del Decreto Ejecutivo sobre Vías de Comunicación, de 24 de junio de 1910, han continuado sus trabajos en gran parte de la República; y sus informes, que aún no han acabado de rendir a este Despacho, pero de los cuales hallaréis buen acopio en el curso de esta Memoria, justifican el criterio que decidió al Gobierno a organizar en la forma que lo hizo, la investigación y el estudio de ese estado de atraso que gravita sobre nosotros, producido por el abandono secular de nuestras comunicaciones; y ya al presente podréis, por las notas estimativas que en ellos se encuentran, conceptualmente de qué magnitud son los esfuerzos, ó más bien los sacrificios, que el Gobierno está llamado a hacer en este ramo de la Administración pública, al aprestarse a cumplir el deber de conjurar el mal, con la actividad ó lentitud que las circunstancias le impongan, pero con la perseverancia y la fe que exige la realización de una labor que el país reclama de manera perentoria. La empresa a que el Gobierno ha comenzado a hacer frente es una obra de grande aliento, superior a los apartados de que dispone hoy este Departamento Ejecutivo y que necesita auxilios de la Administración general (MOP 1912b : 218).

***nivel poético* :**

En los estudios que haremos del asunto, que se referirán exclusivamente á Venezuela, donde el automovilismo apenas ha comenzado á iniciarse, y donde ellos han de servir de guía en la construcción de nuestras carreteras, hemos de prescindir necesariamente de tales disquisiciones. La época que atraviesa nuestro país no es la del automovilismo del sport, de grandes velocidades, sino cuando más, la del automovilismo industrial, cuya velocidad, de 10 á 15 kilómetros por hora, no es capaz (sic) de producir serios trastornos en las vías macadamizadas. Llegará, sin duda, la oportunidad de ocuparse de aquellas, cuando el progreso y nuestra riqueza así lo requieran, época en la cual, puede asegurarse, la Ciencia y la experimentación habrán ya resuelto satisfactoria y definitivamente el importante problema (MOP 1912a : 58).

IMÁGENES DEL PROGRESO

Sin duda la ciudad fue cambiando, lentamente, desde mediados del siglo pasado. Con la ciudad de Caracas, el resto de las capitales nacionales ; con estas últimas, todo el país. Hubo una fuerte propuesta de modernización durante el Guzmancismo. La ciudad perdió aquí su fachada colonial, suerte de definitiva emancipación, para latir al ritmo de los nuevos tiempos, -difíciles, pero con esperanza-, que prometían a todos bienestar y renovación. Reflejos, espejos y mimetismos como caras de una época que comenzaba a sentir los espasmos de su muerte ya cercana.

La construcción del concepto Nacional supuso no sólo un ralentado proceso de ideologización, de cambio de mentalidades, de higienización social (González Stephan 1995), sino que también había que limpiar físicamente a la ciudad y a las ciudades aún pobladas con los escombros de la guerra y los escombros de los ajustes de la tierra. Era frecuente encontrarse en Caracas con las ruinas de los terremotos, inclusive el de 1812, ya bien avanzado el siglo (Ernst 1988 : VII, 485 ; Rojas 1979 : 95-102). La presencia de Venezuela en las Exposiciones Universales y la organización de las Exposiciones para conmemorar el Primer Centenario del Nacimiento de Bolívar pueden entenderse como intentos de solidificar el orgullo nacional (Ernst 1988: III, IV, VIII).

Con el país y la Caracas francesa de Guzmán también viene, subrepticia, la ciencia. Esta tranforma no sólo el pensamiento, que se hace positivista y apegado al evolucionismo, sino que también se comienzan a revisar los procedimientos de construcción y la ingeniería misma. Sin embargo, la arquitectura muy estetizada todavía para los ideólogos de Guzmán, se irá transformando en auténtica ingeniería, en trabajo utilitario de obras públicas como también le ocurrió al París¹⁰ que Guzmán no podía quitarse de la fantasía.

El rostro del progreso pujaba por dibujarse. Los sistemas antiguos de construcción habían quedado atrás. Se buscaba una nueva imagen nacional en lo ideológico y en lo físico. Quería la ingeniería abrirse paso entre la tradición filológica como medio solitario para conocernos. Teresa de la Parra contagia, en la primera mitad del nuevo siglo, la angustia ante la desaparición de la cultura física de otros tiempos. No se deja engañar por el resplandor de los edificios recién inaugurados por estos últimos caudillos. Díaz Rodríguez, a su vez, se aterra ante la ruptura de los ídolos. Es necesaria, pues, una nueva presentación de este país que quiere ser, que quiere ofrecer, que quiere mostrarse, que necesita hacerlo con una nueva imagen para poder vivir. Y es así como con Gómez llegan las ideas del progreso y, sobre todo, las imágenes del progreso¹¹.

Grandes carreteras que unen la diversidad y que acortan los escalones del progreso. El sueño del *Gran Ferrocarril de Venezuela*. La gastada conceptualización positivista de *civilización y barbarie* parece ofrecer sus estertores. El atraso colonial de nuestro campo deja su puesto a la propuesta reformadora que los caudillos y sus hombres de pensamiento pretenden implantar en el pueblo. Las viejas imágenes ya no nos sirven. El país pequeño no nos gusta. Las industrias y La Industria del Petróleo hará que todo comience a cambiar. Será, sin embargo, a mediados del presente siglo cuando ese cambio se materialice definitivamente. Mariano Picón Salas, posiblemente el más grandes de nuestros analistas del progreso, describirá esta transformación en tres fascinantes ensayos sobre la ciudad de Caracas (Picón Salas 1966: 117-145)¹². Cambio físico y cultural, Angel Rosenblat estudiará un poco después cómo esta transformación queda reflejada en el lenguaje (Rosenblat 1989)¹³. Mario Briceño Iragorry, exhalará su llanto postrero en su fascinante "Tierra de Herejes", el último de sus artículos y testimonio de la nostalgia de las viejas imágenes y la resistencia a las nuevas, exigidas por el progreso:

Si la comprensión del progreso de Venezuela a través de Caracas carece de posibilidades para el juicio exacto, echar la vista hacia los pueblos del Interior es casi abrir un libro dedicado a describir el dolor del Pueblo y a esquematizar la locura de sus presuntos dirigentes. [...] En cambio, el cocktail de adobe, cabilla, tejas y cemento del perimetro antiguo es el desesperante testimonio de una ciudad que aún no ha terminado de ser destruida y de la cual está surgiendo una nueva ciudad sin sentido humano. [...] En Caracas el ser humano es hoy una criatura pospuesta al automóvil. Caracas es lugar para la agonía mecánica y para la desesperación de hombres a quienes se niega aceras y bancas. [...] Así sea el lujo de las grandes mansiones capitalinas y así sea mucho el derroche arquitectónico de los modernísimos edificios, en Caracas el hambre y la incomodidad rugen su furia en las capas bajas de la sociedad. [...] Un país con nuestras extraordinarias posibilidades mantiene a las clases populares en un nivel de vergüenza. Recorrer nuestros caminos es ir juntando testimonios para afrenta de gobernantes y de poderosos

sos. El pueblo rural de Venezuela vive en medio de un abandono que no levanta sonrojo en el rostro de los responsables de nuestro atraso social. Cuando se piensa en el dolor que llena el inmenso vacío moral y económico de nuestras clases pobres, uno se ve tentado a pensar que Venezuela es tierra de herejes, en cuyo ánimo no tiene resonancia el nombre de Dios. (Briceño-Iragorry 1958: 121-123)

Las páginas de la *Revista Técnica* del MOP fueron, en definitiva, el retrato de estas evoluciones. Ellas recogen las imágenes del progreso, exagerado o cierto, no nos importa ahora, de un país que quería unirse al ritmo de los tiempos modernos. En ellas vemos cómo la ciencia fue puesta al servicio de esta idea y cómo la ingeniería venezolana, firme en esta creencia, quiso salir del marasmo y proponer alternativas de construcción de esa imagen nacional entusiasta y positiva que aún hoy nos alimenta. Imagen de una auténtica *Gran Venezuela*.

Por encima de las contingencias políticas, este proyecto de la ingeniería venezolana, proyecto de país nuevo, está reflejado en la revista que deja constancia de la caída del Gomecismo y de los primeros aires pulcros de la democracia :

y sumando, así, en más de una ocasión, un aumento al interés profesional por la escasa labor intelectual del gremio, supeditado a las medidas un tanto autocráticas del Ministerio del ramo, en donde los técnicos no siempre fueron escuchados como su pudor profesional lo hubiera deseado, ya por imposiciones de índole política como por el apuro frecuente de pretender edificar obras a inaugurarse en fecha determinada y cercana, casi de continuo, a la de su comienzo, acarreado defectos no siempre subsanables ni achacables tampoco a los titulares en servicio. Pero hoy, para sintonizar con el momento histórico de Venezuela en que su Gobierno democrático ampara todo derecho ciudadano y el funcionario público es autónomo y responsable de los actos inherentes al cargo desempeñado, las páginas de la Revista nombrada abren el compás de sus anteriores limitaciones y dentro del puritanismo de su técnica a seguir le ofrece libertad a las firmas de los titulares en servicio de Obras Públicas, a estimular sus colaboraciones sin cortapisas, y foliar, uno a uno, los mejores capítulos fehacientes de la Historia contemporánea del Ingeniero Venezolano (MOP 1936: 133)

Ya desde la primera entrega es posible evidenciar la persistencia de esta idea: "Entre las obras que el progreso impone, á la par que la obra científica, siguiéndola á veces, precediéndola otras, se desarrollan siempre las industrias de todo género; y la ciencia y la obra del Ingeniero cobran forzosamente su puesto de honor, cada vez que una era de progreso marca nuevos rumbos á la marcha de las naciones. En los momentos actuales esta Revista viene á ser como la contestación á la lista de presentes que pasa hoy el progreso nacional á sus más esforzados colaboradores" (MOP 1911:2).

Imagen de estas imágenes entusiastas del progreso de la Venezuela anterior, la *Revista Técnica del Ministerio de Obras Públicas* constituirá el último avatar de este optimismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCILA FARIAS, Eduardo. 1961. *Historia de la Ingeniería en Venezuela*. Caracas: Colegio de Ingenieros de Venezuela. (2 vols.)

ARCILA FARIAS, Eduardo. 1974. *Centenario del Ministerio de Obras Públicas. Influencia de este Ministerio en el desarrollo*. Caracas: MOP.

BENJAMIN, Walter. 1980. "París, capital del siglo XIX". En *Poesía y capitalismo (Iluminaciones II)*. Madrid : Taurus Ediciones, pp. 171-190.

BRICEÑO-IRAGORRY, Mario. 1958. "Tierra de Herejes". En Beatriz Briceño: *Retazos*. Caracas: Ediciones Trípode, 1987.

ERNST, Adolfo. 1988. *Obras Completas*. Caracas : Ediciones de la Presidencia de la República. (9 vols).

FREITES, Yajaira. 1996. "Auge y caída de la ciencia nacional : La época del Gomecismo (1908-1935)". En ROCHE, Marcel (Comp.). 1996. *Perfil de la ciencia en Venezuela*. Caracas : Fundación Polar, t. I, pp. 153-198.

FUNDACION POLAR. 1988. *Diccionario de Historia de Venezuela*. Caracas: Editorial Ex Libris. (3 vols.)

GONZALEZ STEPHAN, Beatriz. 1995. "Las disciplinas escriturarias de la Patria: Constituciones, Gramáticas y Manuales". En *Estudios (USB)*, N° 5, pp. 19- 46.

MOP. 1911. "Prospecto". En *Revista Técnica del Ministerio de Obras Públicas*. Caracas, N° 1, pp. 2-3.

MOP. 1912a. "Las carreteras macadamizadas en Venezuela". En *Revista Técnica del Ministerio de Obras Públicas*. Caracas, N° 14, pp. 57-58.

MOP. 1912b. "Exposición del Ministro de Obras Públicas á las Cámaras Legislativas en 1912". En *Revista Técnica del Ministerio de Obras Públicas*. Caracas, N° 17, pp. 217-220.

MOP.1936. "Marginal". En *Revista Técnica del Ministerio de Obras Públicas*. Caracas, N° 68, p. 133.

PICON-SALAS, Mariano. 1966. "Caracas en 1920. Caracas en 1945. Caracas en 1957". En *Suma de Venezuela*. Caracas: Editorial Doña Bárbara, pp. 117-145.

ROJAS, Aristides. 1979. "Edificios descabezados y ventanas tuertas". En *Crónicas y leyendas*. Caracas : Monte Avila Editores, 95-102.

ROSENBLAT, Angel. 1989. "El habla de Caracas en los últimos treinta años (1935-1965)". En *Biblioteca Angel Rosenblat*. Caracas : Monte Avila Editores, t.II, pp. 277-298.

TORRES, Ana Teresa. 1994. "Mi experiencia de escrito ra". En *Boletín Universitario de Letras (UCAB)*, Caracas, Vol. II, pp. 95-101.

NOTAS

1. Profesor de la Facultad de Ingeniería e investigador en el Instituto de Investigaciones Históricas de la UCAB.

2. En esta y en las demás citas que hacemos de la Revista se ha respetado la ortografía original de los textos, sin hacerse modernización ni modificación alguna.

3. La revista en sentido estricto era el órgano de difusión de las investigaciones de la Sala Técnica del MOP. Esta Sala Técnica "surge a partir de la reorganización del Ministerio de Obras Públicas (MOP), que buscaba construir las obras públicas conforme a las prescripciones técnicas y a la más estricta economía administrativa [...]. En vista de que la política de entonces reglamentaba la orientación, construcción y administración de las obras del Estado, se crea la Sala Técnica (1909) dentro del ministerio ; esta indicaría las especificaciones de las distintas obras públicas prioritarias para la política gomecista de los primeros años : la construcción de vías de transporte, acueductos y edificios para oficinas del gobierno (especialmente cuarteles) y puentes" (Freites 1996 : 165-166).

4. Entre muchos trabajos notables publicados en esta sección deberían destacarse los estudios de Adolfo Ernst, Alfredo Jahn, Lisandro Alvarado y Luis R. Oramas. De este último, merece mencionarse la publicación que hizo la Revista de su importante "Contribución al estudio de la lengua guajira".

5. En el número 68, correspondiente a Agosto de 1936, se coloca una nota "Marginal" en donde se clarifica parte de la historia de la revista y se explicita una definición de la misma : "La Revista Técnica del Ministerio de Obras Públicas ha sido durante dos interregnos, del 1911 al 14 y del 32 al año actual, el vocero oficial de las labores desarrolladas por el Despacho, compiladas en ejemplares mensuales, primero, y bimestrales luego, documentados con memoriales y gráficas nacionales y con inserciones de alta matemática y de obras de ingeniería de ultramar, para alquitarar mejor divisa entre sus lecto-

res del Exterior y de los científicos del país, coadyugando (sic) a la divulgación de la Ciencia del Ingeniero, en general.

6. Por la imposibilidad de poder revisar una colección completa de la revista, doy aquí una información no puntual.

7. El último ejemplar que he podido revisar es el N° 70, correspondiente a diciembre de 1936, año VIII de la publicación. Puede suponerse que seguiría apareciendo por un tiempo más.

8. Entiendo poético en el sentido que le asigna Jakobson en "Lingüística y poética" a la función centrada en el mensaje.

9. Los textos referidos a este nivel no pueden aislarse ni encontrarse en trabajos unitarios. Se trata de apariciones episódicas diseminadas en textos de índole muy diversa. El ejemplo presentado, de hecho, comprueba que un mismo texto puede dar respuesta a niveles estilístico conceptuales diferentes : ambos corresponden a la referencia bibliográfica MOP 1912a.

10. Walter Benjamin en su estudio sobre "París, capital del siglo XIX" analiza de que manera la transformación de la ciudad de París marca, entre otros factores, que la arquitectura se convierte en obra de ingeniería abandonando la pura concepción artística de las edificaciones. Igualmente, plantea como cada época "no sólo sueña la siguiente, sino que soñadoramente apremia su despertar". Establece una relación entre los nuevos medios de producción del XIX y las imágenes de la consciencia colectiva "en las que lo nuevo se interpenetra con lo viejo". Benjamin cree que cada época crea sus propias imágenes para distinguirse de las del pasado : "Además sobresale junto a estas imágenes optativas el empeño insistente de distinguirse de lo anticuado, esto es, del pasado reciente. Estas tendencias retrotraen la fantasía imaginativa, que recibe su impulso de lo nuevo, hasta lo primitivo. En el sueño en que a cada época se le aparece en imágenes la que le sigue, se presenta la última desposada de elementos de la protohistoria, es decir de una sociedad sin clases. Sus experiencias, depositadas en el inconsciente colectivo, engendran en su interpenetración con lo nuevo las utopías que dejan su huella en mil configuraciones de la vida, desde edificios duraderos hasta modas fugaces" (Benjamin 1980 : 190, 175). El cambio de nuestras imágenes del pasado por las nuevas del progreso, ¿no podrán explicarse de la misma manera que como lo hace Benjamin en relación con el París de Baudelaire y de Hausmann?

11. Esta decepción frente a la transformación de la ciudad y la subsecuente nostalgia generada por esto, continuará hasta bien entrado el siglo. Ana Teresa Torres nos dice a propósito de su novelística: " En El exilio del tiempo, en la medida en que la narración transcurre, las distintas voces van describiendo los cambios de la ciudad, que en el fondo es uno de los protagonistas de la novela, y cómo esos cambios, por una parte son el resultado de las transformaciones económicas, y por otra, constituyen un agente que va incidiendo sobre sus habitantes, de modo que éstos van dejando paulatinamente de ser los vecinos de una ciudad provinciana para ser los anónimos ciudadanos de una urbe y adquirir las características más o menos universales de los grandes centros poblacionales. Quizás porque fui testigo de esa transformación, ya que cuando nací, en 1945, Caracas era a medias ciudad a medias hacienda, no he podido evadir la necesidad de relatarla. En Doña Inés contra el olvido, Caracas también aparece en un lugar relevante pero ya desde otra perspectiva, más en el intento de restablecer

su perfil a través de la investigación documental, pues prácticamente todos los vestigios de su pasado han sido destruidos" (Torres 1994: 98).

12. En su conclusión, Picón Salas reinicia el llamado espiritual como salvador ante la debacle del progreso. El espíritu es la auténtica imagen del progreso y del ascenso del hombre: Sólo el espíritu habrá de salvarla de la excesiva tensión de la aventura y aún de las demasías del dinero" (Picón Salas 1966: 145). Ante la imposibilidad de entender la cara nueva de la modernidad la propuesta vuelve a ser el trabajo espiritual.

13. "Caracas era en 1935 una modesta capital provinciana de unos 250.000 habitantes que aún habría reconocido Diego de Losada. En treinta años la vieja ciudad de lentos peatones se ha transformado en una portentosa Metrópoli de febril automovilismo, inquieta y dinámica, a tono con la última pulsación de la vida moderna ; una ciudad monumental -con un millón y medio de habitantes- que ya no reconocen los caraqueños viejos. Transformación tan profunda, ¿no se reflejará en el habla ?" (Rosenblat 1989 : 277)

NANOTECNOLOGÍA ¿Inesperada realidad?

Alfredo Anzola J.

Desde un punto de vista de Ingeniería Industrial mucho más estricto, haría falta llenar una matriz en donde se analizaran también las opciones *esperada realidad* e *inesperada irrealidad*.

Al no pretender presentar una conclusión determinante sobre las expectativas de estas ideas tecnológicas, nos limitaremos esta vez a repasar de forma muy general todo lo que puede significar la también llamada "manufactura molecular" o "Ingeniería molecular".

Pudiéndonos referir a los alquimistas anteriores al siglo XX, resulta mucho más responsable empezar con las ideas del físico Richard Feynman, ganador del premio Nobel de Física en 1965, quien en 1959, en una reunión de la American Physical Society, dio una presentación denominada: "*There's Plenty of Room at the Bottom*".

En esta presentación, Feynman abre las puertas hacia la manipulación de átomos individualmente, afirmando que hasta donde él podía ver, no había ninguna razón física por la cual los átomos no se pudieran colocar uno a uno en un lugar determinado. Promueve la miniaturización (*top->down*), exige el mejoramiento de los microscopios electrónicos y, por último, con esa otra gran claridad del cómo se mueven las cosas, ofrece dos recompensas de 1.000 dólares a las primeras personas que reduzcan una hoja de un libro a 1/25.000 (tamaño necesario para almacenar toda la Enciclopedia Británica, en la cabeza de un alfiler) y que construyan un motor eléctrico de menos de 1/64 de pulgada.

Sin embargo, aquella charla no tuvo mayor significación durante su época. Básicamente debido a lo abstracto y desconocido del tema, así como a la falta de aplicaciones prácticas previsible.

No fue sino hasta 1977, cuando Eric Drexler, un joven del MIT, en su afán por imaginarse un futuro sin límites de crecimiento, población, agricultura, energía, etc., decidió relacionar el comportamiento de los seres vivien-

tes en el mundo biológico con el de las máquinas en el mundo tecnológico. Fue así como nueve años más tarde, en 1986, publicó su libro "*Engines of Creation*", en el que propone la emulación de los seres vivos como las bacterias, que almacenan información en el ADN, por máquinas de tamaño nanométrico ($\times 10^{-9}$), que almacenen información en nanocomputadoras. A estas nanomáquinas se les llamó "assembler" y trabajarían bajo los principios de la auto-replicación. Todo en función, por supuesto, de un futuro sin límites de natalidad, prosperidad, etc., ya que para Drexler era una prioridad la correcta utilización de estas ideas así como la prevención contra los posibles abusos.

A diferencia de Feynman, Drexler propone una aproximación *bottom->up*, y explica claramente las implicaciones en todos los ámbitos sociales, que traería este control total y absoluto de la materia, como, por ejemplo, viajes interplanetarios, reparación de células, construcciones con diamante, solución a la pobreza, el hambre, el deterioro ambiental, etc.

Es aquí donde empieza el debate entre la ciencia y la ficción, lo imposible y lo imaginable, lo deseable y lo indeseable. Sin embargo, las más duras críticas de algunos físicos cuánticos en torno a las vibraciones térmicas, ruptura de enlaces por radiación, interacciones de Boltzmann, etc., no han podido contrarrestar el desarrollo, la investigación y la publicación de estas nuevas ideas.

En 1989, en IBM, logran colocar a través de un STM (*Scanning Tunneling Microscope*) 35 átomos de Xenón sobre una superficie cristalina de níquel, escribiendo con ellos las siglas de la compañía.

En 1991, Eigler y Schweizer, construyen el primer "atomic switch" con la misma tecnología STM. También en este año Drexler consigue su Ph.D en el Massachusetts Institute of Technology (MIT), en la disciplina de nanotecnología molecular.

En 1992 Drexler es llamado a reuniones privadas en el Pentágono (Ministerio de la Defensa Americano) y a testificar en el Congreso de los Estados Unidos ante la Comisión de Comercio, Ciencia y Transporte, presidida en aquel momento por Al Gore, actual vicepresidente de los Estados Unidos.

En ese mismo año publica su libro de texto técnico: "Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing and Computation", con más de 450 fórmulas.

Durante los años siguientes, los artículos de las revistas de noticias y financieras no se hacen esperar. *Time*, *Newsweek*, *Fortune*, *Business Week*, todas expresan las maravillas de esta nueva dimensión.

En Japón, el Ministerio Internacional de Comercio e Industria (MITI) inició un proyecto 200 millones de dólares en investigaciones nanotecnológicas.

El Premio Nobel de Química del año 1996 fue otorgado a Richard Smalley, destacado nanotecnólogo de la Universidad de Rice, por su trabajo con los Bucky Balls (moléculas de C_{60}), utilizables como nanotubos.

Por último, cabe destacar que las siguientes compañías poseen centros de investigación y desarrollo nanotecnológicos: IBM, AT&T, DuPont, Ford, Hewlett-Packard, Honeywell, Motorola, NASA, Texas Instruments, Westinghouse y Xerox.

Para bien o para mal, esta ingeniería mecánica computacional de la química, que es la nanotecnología, seguirá siendo desarrollada por sus tres caminos tradicionales como lo son la Ingeniería de Proteínas (Biotecnología), el posicionamiento atómico y la química. ¿En cuánto tiempo? No sabemos, quizás 5, 15 ó 45 años. ¿Pero, cuántos años tiene tratando de desarrollarse la fusión en frío?

A diferencia de Feynman, Drexler propone una aproximación bottom-up, y explica claramente las implicaciones en todos los ámbitos sociales, que traza este control total y absoluto de la materia, como por ejemplo, viajes interplanetarios, reparación de células, conexiones con distintas, solución a la pobreza, el hambre, el deterioro ambiental, etc.

Es aquí donde empieza el debate entre la ciencia y la ficción, lo imposible y lo imaginable, lo deseable y lo indeseable. Sin embargo, las más duras críticas de algunos físicos cuánticos en torno a las vibraciones térmicas, ruptura de enlaces por radiación, interacciones de Boltzmann, etc., no han podido contrarrestar el desarrollo de la investigación y la publicación de estas nuevas ideas.

En 1988, en IBM, logran colocar a través de un STM (Scanning Tunneling Microscope) 35 átomos de Xenón sobre una superficie cristalina de níquel, hecho que da origen a las siglas de la compañía.

En 1991, Eigler y Schweizer, construyen el primer "atomic switch", con la misma tecnología STM. También en este año Drexler consigue su Ph.D. en el Massachusetts Institute of Technology (MIT), en la disciplina de nanotecnología molecular.

Al intentar presentar una conferencia tecnológica ante los representantes de estas ideas tecnológicas, nos encontramos esta vez a repasar de forma muy general a lo que puede significar la también llamada "ingeniería molecular".

Podríamos referir a los seguidores de esta idea como a los seguidores de la "ingeniería molecular", pero resulta mucho más responsable empezar con las ideas del físico Richard Feynman, ganador del premio Nobel de Física en 1965, quien en 1989, en una reunión de la American Physical Society, dio una presentación denominada: "There's Plenty of Room at the Bottom".

En esta presentación, Feynman abre las puertas hacia la manipulación de átomos individualmente, afirmando que hasta donde él podía ver, no había ninguna razón física por la cual los átomos no se pudieran colocar uno a uno en un lugar determinado. Promueve la miniaturización (top-down), es decir el mejoramiento de los micro-sistemas electrónicos y por último, con esa otra gran cantidad de cómo se mueven las cosas, ofrece dos recompensas de 1.000 dólares a las primeras personas que pudieran hacer una copia de un libro a 1/25.000 tamaño necesario para almacenar toda la Enciclopedia Británica, en la cabeza de un alfiler, y que construyeran un motor eléctrico de menos de 1/64 de pulgada.

Si embargo, aquella oferta no tuvo mayor significación durante su época. Básicamente debido a la falta de conocimiento del tema, así como a la falta de aplicaciones prácticas previas.

No fue sino hasta 1977, cuando Eric Drexler, un joven del MIT, en su año por imaginarse un futuro sin límites de crecimiento, población, agricultura, energía, etc., decidió relacionar el comportamiento de los seres vivos.

IV. información general

La escuela de Ingeniería Informática estrena su primera directora

Entrevista con la Ing. Lourdes Ortiz.

Ing. J.M. Rios S.J.

La UCAB la ha invitado a gerenciar una Escuela recién nacida en cuya fundación usted no ha tomado parte. ¿Es tal circunstancia una dificultad o, por el contrario, es un reto?

Es cierto que no tuve la oportunidad de participar en la creación de esta carrera. Sin embargo, como profesora del postgrado en Sistemas de Información de la UCAB, me comentaron sobre este proyecto e inmediatamente solicité información al respecto, la cual me fue entregada rápidamente. En aquel momento mi interés era sólo curiosidad de saber en qué consistiría el enfoque de estos nuevos profesionales de la Informática. Al leer el material que me suministraron, sentí interés en participar como profesora y aportar algunas ideas. No me había decidido a enviar mi curriculum a la Facultad. Miguel Angel Gómez (a quien considero mi maestro y amigo) me sugirió que lo hiciera y entonces lo envié, considerando que mi participación como profesora, en caso de que se diera, sería hacia finales de la carrera, por lo que no estaba en mis planes inmediatos.

Hace algunos meses recibí una llamada de la Facultad, en la cual el Decano me invitaba a una reunión. No tenía idea de qué se podría tratar, pero sentí que algo positivo había en tal convocatoria. Cuando Rafael Hernández me planteó la posibilidad de ser Directora de la Escuela, mil ideas me pasaron por la cabeza; no me había imaginado nunca esta posibilidad. A partir de ese momento me he preguntado muchas veces cómo fue posible que esto se diera, y la única respuesta que he hallado es que la vida cada día nos plantea nuevos retos y que cuando esos retos dan la posibilidad de poner todo en uno, en el intento de contribuir con el futuro del país, no hay necesidad de detenerse sino de iniciar inmediatamente la marcha sin perder de vista aquello que se busca en el horizonte. Definitivamente, esta oportunidad que me ha dado la UCAB es un gran reto y considero que lo

más importante es hacer que esta Escuela recién nacida se desarrolle y se haga muy fuerte.

La carrera de Ingeniería Informática, ¿tiene algunas características especiales que la hacen fundamentalmente diferente de otras ingenierías como son, por ejemplo, la Civil y la Industrial?

Considero que todas las ingenierías tienen una importante misión que es la satisfacción de necesidades humanas, contribuyendo con su conocimiento especializado. En este sentido, considero que la Ingeniería Informática difiere de otras ingenierías sólo en cuanto a la especialización, la cual le exige un dinamismo muy particular, pues se trata de un área en constante desarrollo, donde cada día corremos el riesgo de quedarnos atrás.

¿Qué planes trae usted para imprimir a la nueva carrera una orientación certera desde el comienzo, de modo que se ubique entre las carreras más serias y competitivas de la UCAB?

Su pregunta ya significa uno de mis posibles planes: "lograr que la Ingeniería Informática se ubique entre las carreras más serias y competitivas de la UCAB".

En realidad no traigo planes en mente. Día a día se me han ido ocurriendo cosas y he tomado la decisión de anotarlas en una lista de proyectos pendientes de la Escuela para su estudio y ejecución lo más pronto posible.

En esta tarea gerencial considero que la planificación es importante, pues de lo contrario corremos el riesgo de perder el rumbo o dejar de apreciar los pequeños logros que nos acercan a la meta trazada. Como etapa inicial, no quisiera hablar de planes, sino de algunas premisas para la elaboración de esos planes, las cuales resumo de la siguiente manera:

1. El trabajo en equipo es la clave y esto incluye estudiantes, profesores y personal administrativo.
2. La tecnología con la que contemos debe ser representativa para lo que queremos lograr a nivel docente y de investigación.
3. La comunicación es la única vía que hace posible que las actividades fluyan como debe ser.
4. Creatividad, innovación, motivación, sensibilidad, proactividad y racionalidad son elementos claves para el éxito.

Los planes los haremos juntos y lo antes posible.

¿Tiene pensados algunos pasos para caminar en esa dirección?

Creo que de mis primeros pasos el más importante es establecer una relación abierta con los estudiantes como miembros principales de la Escuela. Los demás pasos los dejo para cuando hablemos de los planes que están en elaboración.

¿Qué experiencias de su vida profesional y pedagógica cree que le ayudarán en el manejo eficiente de esta Dirección?

Creo que toda experiencia profesional y pedagógica, unida a las experiencias de la vida misma, constituyen una enorme plataforma en la cual apoyarse para cualquier tarea que se nos presente. Espero lograr la eficiencia, efectividad y eficacia que se requiera para el crecimiento de la Escuela.

No quisiera en esta respuesta hacer un resumen de mi curriculum, puesto que no me gustan esas cosas. Sólo me gustaría mencionar que la experiencia con la gente es lo que más me ha enseñado la vida y que esas experiencias incluyen el ejercicio profesional, docente y, sobre todo, humano.

¿Cuáles son las mayores dificultades que puede encontrar en estos primeros años?

Sinceramente, yo preferiría no pensar en dificultades ahora que estamos empezando; esto no significa que pienso que no se vayan a presentar y que no deban ser previstas, pero estoy segura que con el espíritu positivo de nuestros estudiantes y del personal de la Facultad, lograremos superar cualquier barrera que pudiera presentarse.

¿Cuál es el aporte que la Informática, como profesión, puede dar a la sociedad venezolana para reconstruir una economía en crisis y renovar en los venezolanos la confianza en sus valores y capacidades?

La Informática puede aportar muchas soluciones técnicas a los diversos problemas que enfrentamos en esta sociedad. Sin embargo, el principal aporte, considero que lo podrían dar los ingenieros propiamente, velando por la calidad en todos los niveles, ejerciendo su profesión de una manera ejemplar, ofreciendo soluciones acordes con los planes de crecimiento y desarrollo que este país puede tener y sin olvidar que la naturaleza nos ha dado una Venezuela mágica con recursos privilegiados y que somos los venezolanos, que confiamos en su futuro, los que debemos asumir el compromiso de ser cada vez mejores.

Creo que en esta era de la Tecnología de la Información, las posibilidades sólo están limitadas por la mente humana, la cual tiene el enorme compromiso de hacer uso de los recursos en beneficio del hombre y de la sociedad en general.

Conozco algunos planes de desarrollo tecnológico del estado venezolano y estoy segura de que Venezuela será un ejemplo de lo que se puede lograr con esfuerzo y buena voluntad.

Lo que usted puede encontrar en la Web y no se atrevía a preguntar

Ing. J.M. Rios S.J.

Al momento de leer esta nota, las páginas que la Facultad ha montado en la red mundial INTERNET contienen un abundante material documental e informativo de gran utilidad para el cuerpo académico, los estudiantes, las empresas y los profesionales de la Ingeniería.

Lo primero que encontrará el que se zambulla en ellas bajo la guía de un buen *browser*, es una breve Historia de la Facultad y de sus tres Escuelas: Civil (1953), Industrial (1961) e Informática (1996), con el perfil del ingeniero que se pretende formar como profesional y como persona integral.

Un apartado especial se merece la publicación del Pensum de Estudios modificado en 1993, con los créditos y prelación requeridos. La Guía del Estudiante, en su versión actualizada para este año, ofrece una síntesis de los aspectos académicos, jurídicos y pedagógicos extractados de la Ley de Universidades y los reglamentos de la UCAB.

La forma y fechas de Admisión en las Escuelas se describe en sus líneas fundamentales en un capítulo especial. Los aspirantes a seguir el Curso Propedéutico pueden también encontrar un lugar de información precisa. De igual modo se puede consultar el Calendario Académico del actual semestre así como los Horarios de Clase y el Calendario de Exámenes Finales y de Reparación.

Un número creciente de profesores han abierto su Página Personal en una sección aparte a donde se llega fácilmente después de entrar en la Lista General de Profesores (145) de la Facultad. Además de su curriculum vitae, los docentes dan cuenta de sus títulos adquiridos, su experiencia profesional y pedagógica, sus aficiones personales, así como el contenido de las materias que imparten, la bibliografía correspondiente, y las calificaciones y asignaciones de sus alumnos. Los profesores pueden consultar un apartado sobre la normativa com-

pleta para su Ingreso en la universidad y su Ascenso en el escalafón.

Una sección con importantes aportaciones es la dedicada a Publicaciones. La Revista de la Facultad, *Tekhne*, tiene una página, así como los Trabajos de Ascenso de los profesores y las mejores Tesis de Grado y las Pasantías de los alumnos. La Facultad publica integralmente allí mismo su Boletín Informativo trimestral en su última edición.

Los Laboratorios y la actualización de sus servicios a empresas y profesionales de la Ingeniería ofrecen una información detallada acerca de las pruebas, verificaciones y ensayos que realizan a los mejores precios del mercado y mediante la aplicación de normas confiables.

Los estudiantes mantienen sus propias páginas bajo un capítulo aparte que incluye a su Centro de Estudiantes de Ingeniería (CEI) y a los representantes estudiantiles ante los organismos de gobierno universitario.

Estamos haciendo lo posible para realizar el proceso de Inscripciones de nuestros estudiantes de Ingeniería, en el próximo semestre y por primera vez en la UCAB, a través de INTERNET. Es decir, queremos producir un instrumento (*software*) basado en lenguaje hipertexto (HTML) que permita al estudiante su inscripción virtual desde cualquier punto del planeta, mediante el relleno de una planilla o formato electrónico (*fill out form*).

Finalmente, en el capítulo principal titulado La Facultad, se proporciona información sobre Formación Continua, el Programa de Profesores Asesores, la Cartelera de Eventos programados y una sección Miscelánea con temas de interés particular. El Post-grado de Ingeniería Ambiental viene descrito en una página con los objetivos de sus cursos y la forma de inscripción.

Cuatro conocidos Motores de Búsqueda (dos venezolanos, *Auyantepuy* y *Chévere*, uno español, *Olé*, y uno en inglés, *Yahoo!*) nos han incluido en la lista de 'sitios' mantenidos por su servidor. Generalmente basta incluir en su ventanilla de *search* dos o tres palabras claves como *ucab*, *universidad*, *venezuela*, *facultad*, *ingeniería*, para 'bajar' rápidamente nuestras Páginas. Las direcciones de esos Motores son:

<www.yahoo.com>; <www.ole.es>;

<www.auyantepui.com>; <www.chevere.com>.

De todos modos, la ruta más corta y segura para entrar directamente en nuestras Páginas es:

<<http://www.ucab.edu.ve/UCAB/Facultades/Ingenieria>>.

Para la fecha en que redactamos esta nota, nuestras páginas son abiertas mensualmente 1800 veces, lo que supone que unas 60 personas las visitan cada día.

Las *Páginas Web de la Facultad de Ingeniería* son mantenidas y renovadas por un equipo de estudiantes con becas-trabajo, bajo el asesoramiento del principal diseñador y soporte técnico, el Br. Andrés Herrera (10º semestre de Ing. Industrial), y la coordinación general (*webmaster*) del que firma esta nota.

Creación del CIDI

Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería

Ing. J.M. Rios S.J.

La Facultad de Ingeniería de la UCAB ha establecido un centro de investigación en fecha reciente. Responde al deseo de impulsar las inquietudes de muchos profesores por iniciar el tercer milenio dentro de los nuevos cánones de la tecnología.

La creación de este centro fue reglamentada por el Consejo Universitario el 20 de Mayo de 1997, y sus oficinas fueron bendecidas e inauguradas el 28 de Octubre con ocasión de celebrarse en la Facultad el Día del Ingeniero.

OBJETIVOS

El CIDI se propone como objetivos específicos:

- * Realizar y ejecutar trabajos de investigación que contribuyan al desarrollo científico de la Ingeniería y áreas afines, con el fin de responder a las necesidades del mercado.
- * Vincular a la UCAB con otras universidades, empresas y centros de investigación, nacionales e internacionales.
- * Propiciar la formación de recursos humanos para la investigación, docencia e Ingeniería.
- * Apoyar a la docencia curricular y extra-curricular de acuerdo con los lineamientos del Consejo de la Facultad de Ingeniería.

FUNCIONES:

- * Fomentar y promover la investigación básica y aplicada.
- * Ofrecer asesoramiento, consultoría y servicios técnicos básicos a las empresas, institutos privados y públicos, y a otros centros de investigación.

- * Promover y motivar las investigaciones de manera que éstas se traduzcan en resultados y aquellos que lo requieran puedan ser patentados o publicados.
- * Publicar temas de investigación que permitan el desarrollo de trabajos en los núcleos de pregrado y postgrado.
- * Desarrollar, producir y difundir materiales técnicos especializados.
- * Unificar las operaciones de los diferentes Laboratorios de la Facultad.

ORGANIZACIÓN

El CIDI está integrado actualmente por los siguientes profesionales: Prof. Rafael Hernández (Ingeniero Industrial, Director), Prof. Francisco Morera (Ing. Civil, Coordinación de Laboratorios), Prof. Enrique Castro (Físico). Prof. Daniel Rojas (P.h.D. en Físicoquímica), Prof. Mario Paparoni (Ing. Civil) y Prof. César Marín (Químico, Dpto. de Química).

UBICACIÓN Y DIRECCIÓN

El CIDI tiene sus locales ubicados en el 2° piso del Edificio de Laboratorios de la UCAB, Urb. Montalbán, Caracas. Estación Antímamo del Metro.

Dirección de Correos: CIDI - UCAB, Apartado 20.332, Caracas 1020-A, Venezuela.

Dirección Electrónica(E-mail):rahernan@ucab.edu.ve

Teléfono: 442-1626 – Fax: 471-3043.

WebSite: <http://www.ucab.edu.ve/UCAB/Facultades/Ingenieria/cidi/Welcome.html>