



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“PROYECTO SCOTVAR: MODELO DE TOMA DE DECISIONES QUE
AMORTIGÜE EL IMPACTO DE UN EFECTO LATIGAZO, EN LA CADENA
DE SUMINISTRO DE UN LABORATORIO QUE PRESTA SERVICIOS DE
ENSAYOS PARA MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, EN UNA
UNIVERSIDAD PRIVADA SITUADA EN EL OESTE DE CARACAS”**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar por el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

REALIZADO POR: Izaguirre Barroeta, Pablo Alfonso

Patti Lo Curto, Giancarlo

PROFESOR GUÍA: Ing. Henry Gasparin

FECHA: Junio 2016



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

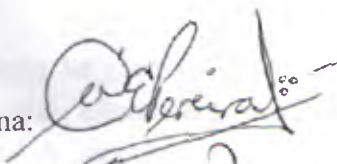
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“PROYECTO SCOTVAR: MODELO DE TOMA DE DECISIONES QUE AMORTIGÜE EL IMPACTO DE UN EFECTO LATIGAZO, EN LA CADENA DE SUMINISTRO DE UN LABORATORIO QUE PRESTA SERVICIOS DE ENSAYOS PARA MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, EN UNA UNIVERSIDAD PRIVADA SITUADA EN EL OESTE DE CARACAS”

Este jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: DIECISIETE (17)

JURADO EXAMINADOR

Firma: 

Nombre: Wilmer Pereira

Firma: 

Nombre: Henry Gasparin

Firma: 

Nombre: Ing. João B. DeGouveia

REALIZADO POR: Izaguirre Barroeta, Pablo Alfonso

Patti Lo Curto, Giancarlo

PROFESOR GUÍA: Ing. Henry Gasparin

FECHA: Junio 2016

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“PROYECTO SCOTVAR: MODELO DE TOMA DE DECISIONES QUE
AMORTIGÜE EL IMPACTO DE UN EFECTO LATIGAZO, EN LA CADENA
DE SUMINISTRO DE UN LABORATORIO QUE PRESTA SERVICIOS DE
ENSAYOS PARA MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, EN UNA
UNIVERSIDAD PRIVADA SITUADA EN EL OESTE DE CARACAS”**

Autores: Izaguirre Barroeta, Pablo Alfonso

Patti Lo Curto, Giancarlo

Tutor: Ing. Henry Gasparin

Fecha: Junio 2016

SINOPSIS

El efecto latigazo es un fenómeno que puede ocurrir dentro de cualquier cadena de suministro, alterando la demanda a valores inesperados. La metodología Ven-ProBE se encargó de identificar un grupo de 10 variables capaces de amortiguar el efecto latigazo en las cadenas de suministro de Venezuela. En el siguiente trabajo especial de grado se analizarán y seleccionarán aquellas variables capaces de amortiguar dicho efecto pertinentes a la cadena de suministro de un laboratorio que presta servicios de ensayos para materiales de construcción, y se encontrarán estrategias adecuadas para enfrentar el fenómeno, en distintos escenarios que contienen variaciones del estado de las variables escogidas, mediante la aplicación de la teoría de juegos; Para ello se utilizan principios de la teoría de juegos como la teoría de equilibrio perfecto bayesiano de Nash, para establecer un equilibrio entre las ganancias de la empresa y las ganancias del cliente.

Palabras clave: Efecto latigazo, teoría de juegos, equilibrio perfecto bayesiano de Nash, variables Ven-ProBE.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	2
I.1 Planteamiento del problema.....	2
I.2 Antecedentes.....	3
I.3 Objetivos.....	4
I.3.1 Objetivo general	4
I.3.2 Objetivos específicos.....	4
I.4 Alcance	4
I.5 Limitaciones.....	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
II.1 Términos y definiciones.....	6
II.1.1 Términos y definiciones de la empresa	6
II.1.2 Términos y definiciones de una cadena de suministro y efecto latigazo.....	6
II.1.3 Términos y definiciones de la metodología Ven-ProBE	7
II.1.4 Términos y definiciones de la teoría de juegos.....	8
II.2 Metodología Ven-ProBE.....	10
II.2.1 Objetivos.....	10
II.2.2 Metodología.....	10
II.3 Metodología de la teoría de juegos.....	11
II.3.1 Objetivos.....	11
II.3.2 Metodología.....	12
II.3.3 Diseño de juegos.....	12
II.3.4.1 Equilibrio de Nash.....	13
II.3.4.2 Equilibrio bayesiano de Nash.....	13
II.3.4.3 Equilibrio perfecto bayesiano de Nash.....	13
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	14
III.1 Metodología.....	14
III.2 Enfoque de la Investigación.....	15
III.3 Tipo de Investigación.....	16
III.4 Diseño de la Investigación.....	17

III.5 Unidad de Análisis	17
III.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	17
III.7 Estructura Desagregada del Trabajo Especial de Grado.....	19
CAPÍTULO IV: DESARROLLO.....	21
IV.1 Situación actual de la empresa.....	21
IV.2 Caracterización de la cadena de suministros	24
IV.3 Variables presentes en el caso de estudio (Metodología Ven-ProBE).....	34
IV.4 Representación de la cadena de suministros ante diferentes escenarios (Aplicación de la teoría de juegos).....	46
IV.5 Conjunto de estrategias que amortiguan el efecto latigazo	64
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71
V.1 Conclusiones.....	71
V.2 Recomendaciones.....	72
BIBLIOGRAFÍA.....	75

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Esquema metodológico del estudio Ven-proBe.....	10
Diagrama 2. Metodología de la investigación.....	14
Diagrama 3. Organigrama laboratorio de materiales UCAB.....	23
Diagrama 4. Flujograma de procesos de control y recepción de muestra.....	27
Diagrama 5. Diagrama de procesos, procedimientos y ensayos de los cilindros.....	31
Diagrama 6. Árbol de expansión del teorema de Bayes para el escenario 1.....	48
Diagrama 7. Árbol de expansión del teorema de Bayes para el escenario 2.....	49
Diagrama 8. Árbol de expansión del teorema de Bayes para el escenario 3.....	50
Diagrama 9. Árbol de expansión del teorema de Bayes para el escenario 4.....	51
Diagrama 10. Árbol de expansión del teorema de Bayes para el escenario 5.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estructura desagregada del TEG.....	20
Tabla 2. Datos demanda histórica 2014.....	22
Tabla 3. Escala estado variable capacidad instalada.....	37
Tabla 4. Escala estado variable filosofía de mantenimiento.....	38
Tabla 5. Escalada estado variable curva de aprendizaje.....	39
Tabla 6. Cuestionario ponderación escenarios.....	42
Tabla 7. Resultados ponderaciones escenarios.....	43
Tabla 8. Cuestionario pagos de la empresa.....	56
Tabla 9. Ponderación beneficio por estrategia.....	57
Tabla 10. Ponderación factos de penalización.....	57
Tabla 11. Resultados cuestionario de pagos de la empresa (experto #1).....	58
Tabla 12. Resultados cuestionario de pagos de la empresa (experto #1).....	59
Tabla 13. Matiz final de pagos.....	61
Tabla 14. Matriz final de pagos con equilibrio.....	63
Tabla 15. Cuadro resumen de estrategias encontradas en equilibrio.....	64

INTRODUCCIÓN

El laboratorio de materiales de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Católica Andrés Bello, ofrece servicios de ensayos en materiales de construcción. Con miras a determinar estrategias adecuadas que permitan amortiguar el efecto latigazo en la cadena de suministro, se seleccionarán y analizarán las variables pertinentes a la cadena, que amortiguan dicho fenómeno, obtenidas gracias al proyecto Ven-ProBE (*Venezuela Process Behavior Equations*). El estudio realizado contempla cada una de las fases que se presentan a continuación:

Capítulo I: Descripción del Problema. Presenta una breve descripción del laboratorio, su historia, estructura organizacional y funcional, el planteamiento del problema, objetivos, alcance, antecedentes y limitaciones.

Capítulo II: Marco Teórico. Contiene todos los términos, conceptos y herramientas que se van a necesitar para el desarrollo del estudio.

Capítulo III: Marco Metodológico. Se esquematiza la metodología a ser utilizada para este estudio. Contiene las actividades que se van a realizar y las herramientas utilizadas. Se define tipo, diseño y enfoque de la investigación.

Capítulo IV: Desarrollo. Contiene los procesos y operaciones actuales del laboratorio, caracterización de la cadena de suministro, análisis de las variables logísticas presentes en el estudio, aplicación de la teoría de juegos y determinación de las estrategias deseadas que amortigüen el efecto latigazo de la cadena de suministro.

Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones. Se muestran el análisis y las decisiones tomadas sobre las estrategias obtenidas en el desarrollo y las recomendaciones a tomar a partir de estas.

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

I.1 Planteamiento del problema

Siendo el laboratorio de materiales, un laboratorio utilizado para prestar servicios de ensayos de todo tipo para materiales de construcción, es de vital importancia llegar a satisfacer las necesidades de sus clientes, a través del diseño y aplicación de un conjunto de estrategias dentro del mercado en el cual se encuentre, y una de dichas estrategias consiste en establecer relaciones que sean perdurables en el tiempo con los clientes y proveedores.

La ventaja competitiva depende no solamente de qué tan bien se desempeñe el servicio que presta el laboratorio de cara al cliente, sino además del desarrollo de sus procesos y de qué tan competente sea toda su cadena de suministro.

La cadena de suministro es un conjunto de actividades que conecta a toda la organización pero en especial a las funciones comerciales (mercadotecnia, ventas, servicio al cliente), el abastecimiento de materia prima, las actividades productivas (control de producción) y las actividades de almacenaje y distribución de productos terminados, con el objetivo de alinear las operaciones internas enfocadas al cliente, de forma que se suministren los materiales necesarios en cantidad, calidad y tiempo requeridos, lo cual se traduce en un mejor servicio al cliente.

Las operaciones desarrolladas dentro de un laboratorio se ven afectadas por factores dinámicos que dependen de la demanda del servicio que presta, ya que las exigencias de calidad cada vez son mayores, los tiempos de entrega pueden ser variables, y los precios varían a lo largo del tiempo.

Si dicha demanda aumenta o disminuye bruscamente durante un breve período de tiempo, se está en presencia del efecto látigazo. Por lo tanto, el laboratorio debe generar una nueva estrategia en cuanto al diseño de su cadena de suministro, para contrarrestar el efecto látigazo, lo cual le permitirá mantener su ventaja competitiva en el mercado.

El problema propuesto es la determinación de cuáles de las variables estudiadas previamente en el proyecto Ven-ProBE, influyen en la cadena de suministros facilitada para el presente trabajo de investigación; y así posteriormente, plantear las estrategias que permitirán disminuir en lo posible, las consecuencias de que dichas variables se hagan presentes.

I.2 Antecedentes

Título	Autores	Institución y Fecha
<i>Propuesta de mejoras para las políticas de asignación de recompensas del departamento de ventas a nivel nacional de una empresa dedicada a la venta directa</i>	Chacón, J. y Nieves, C.	Universidad Católica Andrés Bello Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Industrial Mayo, 2015
<i>Determinación de los factores primordiales que amortiguan el efecto latigazo, asociado a las cadenas de suministro, en Venezuela.</i>	Gasparin, Henry.	Universidad Católica Andrés Bello Julio, 2007

I.3 Objetivos

I.3.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de toma de decisiones que amortigüe el impacto de un efecto latigazo, en la cadena de suministro del laboratorio de materiales que presta servicio de ensayos en materiales de construcción, en una Universidad privada, situada en Caracas.

I.3.2 Objetivos específicos

- 1) Caracterizar los procesos de la cadena de suministro a ser contemplada.
- 2) Identificar las variables logísticas que influyen en la cadena de suministro.
- 3) Diseñar un modelo representativo del comportamiento de la cadena de suministro.
- 4) Analizar el comportamiento del modelo representativo, frente a condiciones de efecto latigazo en la cadena de suministro.
- 5) Determinar el conjunto de estrategias que amortigüen el efecto latigazo en la cadena de suministro contemplada.
- 6) Valorar el impacto estimado del conjunto estrategias seleccionadas.

I.4 Alcance

En el presente proyecto se caracterizará la cadena de suministro del laboratorio de materiales de la escuela de Ingeniería Civil en la Universidad Católica Andrés Bello, realizando una evaluación y recopilación de datos de los aspectos que influyen en dicha cadena, se establecerá el tiempo de estudio y de dónde a dónde se evaluará la misma, con el fin de poder determinar las variables logísticas presentes en la cadena de suministros a través de la metodología Ven-ProBE.

Después se generará un estudio de Teoría de Juegos que evaluará diferentes escenarios y decisiones que permitirán diseñar una matriz de juego demostrativa del comportamiento del conjunto de criterios, con la finalidad de tener una representación más precisa de la toma de decisiones dentro de la cadena de suministros.

Luego se someterá el sistema bajo condiciones del efecto latigazo para poder determinar los conjuntos de estrategia que amortigüen dicho efecto y poder analizar el impacto que pueden tener éstas en el laboratorio de materiales.

I.5 Limitaciones

- La investigación es limitada por la información que pueda otorgar la empresa para el TEG en estudio.
- Los datos suministrados por la escuela de Ingeniería Civil, deben ser tratados con confidencialidad.
- La investigación puede ser afectada a los cambios que realice la Escuela de Ingeniería Civil en la cadena de suministros.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

II.1 Términos y definiciones

II.1.1 Términos y definiciones de la empresa

- **Ensayo de Compresión:** Es un ensayo técnico para determinar la resistencia de un material o su deformación ante un esfuerzo de compresión.
- **Tanque de Curado:** Son recipientes mayormente rectangulares de 1,5 m² de superficie, que son llenados con agua y donde reposaran los cilindros a ser ensayados.
- **Disco de Neopreno:** El Neopreno es un elastómero sintético a base de cloropreno. Es un caucho sintético con más resistencia a ciertos factores que un caucho natural, se ubican los discos entre el cilindro y la plataforma de la máquina de compresión para protegerlos a ambos.
- **Cilindro de Concreto:** También llamado Hormigón, es un material compuesto principalmente por cemento, agua, roca y ciertos aditivos especiales, vaciado en un envase cilíndrico para ser ensayado.

II.1.2 Términos y definiciones de una cadena de suministro y el efecto látigo

- **Cadena de Suministro:** Conjunto integrado de sub-procesos que proporcionan los insumos y/o servicios necesarios para abastecer en forma secuencial cada eslabón de un proceso.
- **Función Servicio:** Desempeño en cuanto al tiempo de espera de un proceso manufacturero, logístico o de cualquier otra índole en función de las variables que lo afectan.
- **Sistema producción PULL:** El sistema de control de inventario *pull* comienza con el pedido del cliente. Con esta estrategia, las empresas sólo tienen suficiente producto para cumplir con los pedidos del cliente. Una ventaja de este sistema es que no habrá exceso de inventario que necesite ser

almacenado, reduciendo así los niveles de inventario y los costos de transporte y de almacenamiento de mercancías. Sin embargo, una desventaja importante para el sistema *pull* es que es altamente posible funcionar en dilemas de pedido, tales como un proveedor que no es capaz de obtener un envío a tiempo. Esto deja a la empresa imposibilitada para cumplir la orden y contribuye a la insatisfacción del cliente. Un ejemplo de un sistema de control de inventario *pull* es el sistema justo a tiempo, o sistema JIT. El objetivo es mantener los niveles de inventario al mínimo teniendo solo el suficiente inventario, ni más ni menos, para satisfacer la demanda del cliente. El sistema JIT elimina los residuos mediante la reducción de la cantidad de espacio de almacenamiento necesario para el inventario y los costos de almacenamiento de los productos.

- **Efecto latigazo (*bullwhip*):** Fenómeno del crecimiento de la variabilidad de la demanda a medida que se sube de nivel en la cadena de suministro, que se manifiesta en la gráfica órdenes vs. tiempo. Entre las causas de este fenómeno están:
 - Demanda inesperada.
 - Falta de información sobre pronósticos de demanda, entre actores de la cadena.
 - Volúmenes de las órdenes.
 - Variación de precios.
 - Escasez.

II.1.3 Términos y definiciones de la metodología Ven-ProBE

- **Metodología Ven-ProBE:** El Proyecto Ven-ProBE (*Venezuela ProcessBehaviorEquations*), es una línea de investigación desarrollada en la

Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad Católica Andrés Bello, está dirigida por el Ingeniero Henry Gasparin T. Ven-ProBE pretende establecer los factores primordiales que están relacionadas con la estabilización del comportamiento de los procesos de manufactura y servicio, dentro de una cadena de suministros, cuando han sido sometidos a una demanda atípica, padeciendo el llamado efecto BullWhip, o Latigazo en español.

II.1.4 Términos y definiciones de la teoría de juegos

- **Teoría de juegos:** Es una disciplina matemática que estudia la manera como individuos racionales toman decisiones estratégicas. En este tipo de problemas, las decisiones son interdependientes, es decir, dentro del conjunto de información de cada uno de los individuos(jugadores) que interactúan en el problema(juego) se encuentran las posibles decisiones de los otros individuos.
- **Jugadores:** Individuos que toman decisiones para maximizar su beneficio.
- **Naturaleza:** Suprajugador que toma decisiones en puntos específicos del juego con cierta probabilidad.
- **Acciones:** Diferentes alternativas que tiene cada jugador.
- **Información:** Todo lo que cada uno de los jugadores conoce al momento de comenzar el juego.
- **Estrategias:** Reglas (planes de acción) que indican las acciones que tomaran los jugadores en cada instante del juego.
- **Pagos:** Beneficios que cada jugador recibe luego de ejecutar una determinada estrategia.

- **Resultado:** Depende de las acciones y los pagos de cada uno de los jugadores, así como de la información disponible para cada uno de ellos.
- **Método DELPHI:** El método Delphi se clasifica como uno de los métodos generales de prospectiva, que busca acercarse al consenso de un grupo de expertos con base en el análisis y la reflexión de un problema definido.

Se caracteriza de la siguiente manera:

- Proceso iterativo. Los expertos participantes en el proceso deben emitir su opinión o respuestas en más de una ocasión, a través de varias rondas que llevan a estabilizar las opiniones. Con esta secuencia el experto tiene la posibilidad de reflexionar o reconsiderar su opinión, a la luz de los planteamientos propios o de otros expertos.
- Anonimato. Ningún miembro del grupo conoce a quién corresponde, una respuesta en particular. Entre las ventajas del anonimato, se encuentra el evitar las influencias negativas de los miembros dominantes del grupo o la inhibición de algún participante. El control de la comunicación está en manos del grupo coordinador y nunca se establece una participación directa, entre los expertos involucrados.
- Realimentación o *feedback* controlado. Antes del inicio de cada ronda, el grupo coordinador transmite la posición de los expertos como conjunto frente al problema o situación que se analiza, destacando las aportaciones significativas de algún experto, las posturas discordantes o información adicional solicitada por algún experto. De esta manera, la realimentación a través del análisis del grupo conductor del método permite la circulación de información entre los expertos y facilita establecer un lenguaje común.

- Respuesta estadística del grupo. En caso de que al grupo se le haya solicitado una estimación numérica, se maneja la mediana de las respuestas individuales. Con ello, se consigue la inclusión de las respuestas individuales en el resultado final del grupo.

II.2 Metodología Ven-ProBE

II.2.1 Objetivos

- Investigación bibliográfica sobre los conceptos involucrados en el objetivo general.
- Generación de una herramienta experimental de investigación.
- Aplicación en campo de la herramienta de investigación en la recopilación de información.
- Determinación de los factores primordiales que amortiguan el efecto latigazo en Venezuela.

II.2.2 Metodología

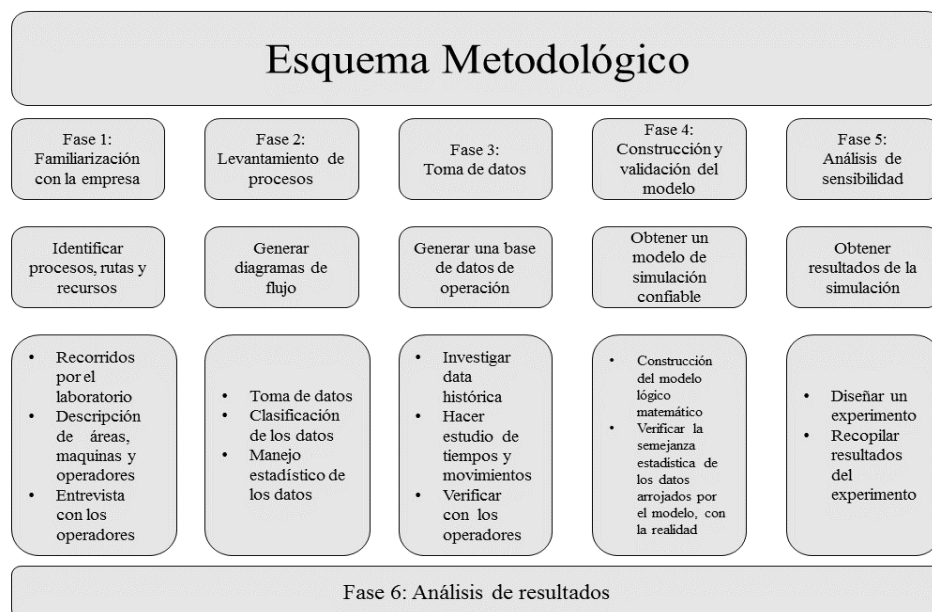


Diagrama 1: Esquema metodológico del estudio Ven-proBE

Fuente: *Determinación de los factores primordiales que amortiguan el efecto latigazo, asociado a las cadenas de suministro, en Venezuela. Gasparin, Henry.*

II.3 Metodología de la teoría de juegos

II.3.1 Objetivos

La teoría de juegos indica que “puede” pasar en una situación de conflicto o cooperación entre dos o más individuos racionales, pero no necesariamente indica que “va” a pasar. Es decir, el objetivo de la teoría de juegos no es predecir el comportamiento de los individuos o establecer la estrategia de acción más efectiva. El teórico de juegos busca diseñar modelos que le permitan explicar y entender una situación específica.

Kreps (1990) argumenta que el estudio de las interacciones de individuos idealmente racionales y bajo modelos simplificados puede permitir explicar y entender cómo actúan las personas de carne y hueso en situaciones reales. Un

mayor entendimiento sobre un determinado problema da la posibilidad, a la larga, de hacer predicciones más acertadas.

II.3.2 Metodología

La metodología de la teoría de juegos consiste en desarrollar modelos sencillos (con pocos supuestos) para responder preguntas interesantes (una a la vez).

En teoría, primero se desarrolla una hipótesis sobre un problema determinado, luego, dicha hipótesis se plantea en forma de proposición o teorema, y se diseña un modelo matemático para demostrarlo. En la práctica, sin embargo, el proceso de demostración de una determinada proposición indica que debemos replantear la hipótesis original.

El lenguaje de la teoría de juegos es predominantemente matemático. Entre las ventajas de esta forma de comunicación resaltan tres:

1. Es un lenguaje claro y preciso
2. Constantemente pone a prueba a la consistencia lógica de nuestros argumentos
3. Permite interpretar los resultados bajo el paraguas de los supuestos establecidos

II.3.3 Diseño de juegos

El diseño de un juego con base en una situación real es un proceso semejante al proceso de investigación científica. Inicia con la comprensión del problema, planteamiento de los objetivos y de la hipótesis. Una vez formulada la hipótesis en forma literaria, se traduce en símbolos de acuerdo con las reglas de la teoría de juegos, que consiste en:

1. Definir los jugadores.

2. Definir las reglas del juego (si es un juego que se juega una sola vez o un juego repetido, si las jugadas se hacen de manera simultánea o secuencial, elegir la forma de representación, definir qué conoce Columna cuando Fila ha hecho su jugada).
3. Identificar las estrategias (mantener el carácter alternativo de las estrategias, elegir si se trata de estrategias discretas o continuas, y definir si es posible la negociación).
4. Calcular las ganancias (establecer si se trata de un juego de suma cero o de no suma cero, y de qué forma se van a calcular las ganancias)

II.3.4 Equilibrio

II.3.4.1 Equilibrio de Nash

El equilibrio de Nash es una estrategia que representa la mejor respuesta para cada jugador. Igualmente, una vez que se alcanza el equilibrio, ninguno de los jugadores tiene incentivos para desviarse fuera de él

II.3.4.2 Equilibrio bayesiano de Nash

En este tipo de juegos dinámicos, los jugadores no tienen información completa sobre la función de pago de los otros jugadores, por lo cual requieren actualizar sus creencias (mediante teorema de Bayes) una vez observados los movimientos de sus contrincantes.

II.3.4.3 Equilibrio perfecto bayesiano de Nash

En este tipo de juegos dinámicos, los jugadores no tienen información completa sobre la función de pago de los otros jugadores, por lo cual requieren actualizar sus creencias (mediante teorema de Bayes) una vez observados los movimientos de sus contrincantes.

Requerimientos:

1. Cada vez que un jugador deba tomar una decisión sobre la acción que se va a realizar (nodo de decisión), éste debe tener una “creencia” (distribución de probabilidad) sobre donde se encuentra dentro del juego.
2. Dadas las creencias sobre su ubicación, el jugador debe actuar de forma racional.
3. En cada nodo de decisión, dentro de la ruta del equilibrio, las creencias se actualizan usando el teorema de Bayes.
4. En cada nodo de decisión fuera de la ruta del equilibrio, las creencias se actualizan usando el teorema de Bayes.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

El presente capítulo describe la forma en la cual se establecerán y desarrollarán los métodos, técnicas, estrategias y procedimientos que serán aplicados con la finalidad de cumplir los objetivos y así resolver el problema planteado.

III.1 Metodología

Según (Arias, 2007) “Para toda investigación es de importancia fundamental que los hechos y relaciones que establece, los resultados obtenidos o nuevos conocimientos tengan el grado máximo de exactitud y confiabilidad. Para ello planea una metodología

o procedimiento ordenado que se sigue para establecer lo significativo de los hechos y fenómenos hacia los cuales está encaminado el interés de la investigación. Científicamente la metodología es un procedimiento general para lograr de una manera precisa el objetivo de la investigación. De ahí, que la metodología en la investigación nos presenta los métodos y técnicas para realizar la investigación.”

Todo lo anterior permite definir la metodología de la investigación como el proceso sistemático, lógico y organizado para adquirir conocimientos y resolver problemas, por consiguiente, la estructura metodológica utilizada para el desarrollo del presente trabajo especial de grado (TEG) se presenta a continuación:

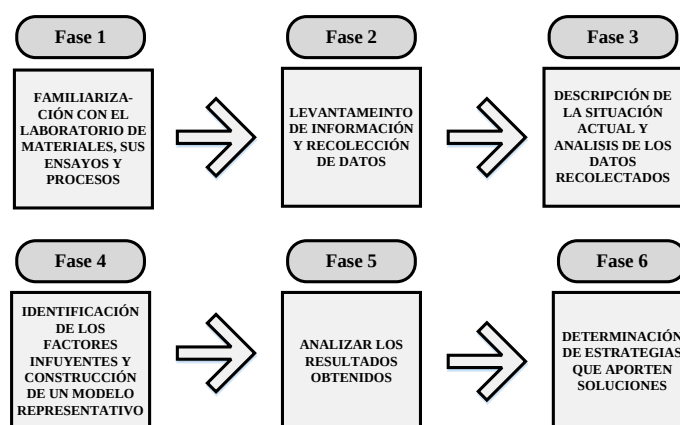


Diagrama 2: Metodología de la investigación

Fuente: Elaboración propia.

III.2 Enfoque de la Investigación

En el presente Trabajo Especial de Grado se utilizó un enfoque de investigación de tipo mixto. Según Hernández Sampieri (2003), afirma que: “Constituye el mayor grado de investigación entre los enfoques cualitativo y cuantitativo, donde ambos se combinan durante el proceso de investigación”.

Con base al razonamiento anterior, se puede argumentar que el enfoque de investigación es de tipo mixto ya que se utilizan criterios cualitativos y cuantitativos

tanto para la recolección de datos como para el análisis de los mismos, para así poder disgregar de mejor forma las variables a utilizar en el modelo, y generar estrategias más adecuadas ante los diferentes escenarios.

III.3 Tipo de Investigación

En el presente Trabajo Especial de Grado se utilizó un tipo de investigación analítica e interactiva. Según Hurtado (2000), “la investigación analítica tiene como objetivo analizar un evento y comprenderlo en términos de sus aspectos menos evidentes. La investigación analítica incluye tanto el análisis como la síntesis. Analizar, desde las definiciones que se han manejado convencionalmente, significa desintegrar o descomponer una totalidad en sus partes, para estudiar en forma intensiva cada uno de sus elementos y las relaciones de estos entre sí y con la totalidad, para comprender la naturaleza del evento. Por otra parte, síntesis significa reunir varias cosas de modo que conformen una totalidad coherente; sintetizar implica reconstruir, volver a integrar las partes de la totalidad, dentro de una comprensión más amplia que la que se tenía al comienzo”.

Por otro lado, según Hurtado (2000) la investigación interactiva “Implica la realización de acciones por parte del investigador, ya sea solo o conjuntamente con algún grupo o comunidad, con el propósito de modificar la situación o el evento de estudio. Para llevar a cabo una investigación interactiva es necesario partir de procesos de descripción y explicación, visualizar posibilidades futuras, planificar un conjunto de actividades o diseñar alguna propuesta, y posteriormente llevarlas a cabo”.

Por lo tanto, se puede argumentar que la investigación empleada es de tipo analítica, ya que se busca comprender profundamente todos los eslabones de la cadena de suministros contemplada mediante una desintegración de sus partes, con la finalidad de resumir toda la información y obtener una percepción más amplia del evento. A su vez, la investigación es de tipo interactiva porque se deben realizar una serie de acciones

en conjunto con el Laboratorio de Materiales, con el objetivo de diseñar una propuesta basada en una serie de estrategias que modifiquen posibles situaciones futuras.

III.4 Diseño de la Investigación

Según el Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctoral (2006), “se entiende por investigación de campo, el análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos o en desarrollo. Los datos de interés son recogidos en forma directa de la realidad; en este sentido se trata de investigaciones a partir de datos originales o primarios”.

Con base a lo planteado anteriormente, se puede decir que el tipo de investigación es de campo, ya que se desarrolla un modelo representativo con el fin de obtener diferentes estrategias que generen valor agregado a la toma de decisiones en diferentes escenarios. Además, se presenta un diseño de campo y experimental, ya que la recolección de datos se realiza de forma presencial por el investigador, permitiéndole a su vez manipular las variables que intervengan de forma arbitraria.

III.5 Unidad de Análisis

Sabiendo que una unidad de análisis es aquella entidad que será el objeto de interés y estudio en una investigación; para el presente Trabajo Especial de Grado (TEG), se utilizará la cadena de suministros del Laboratorio de Materiales de la Universidad Católica Andrés Bello., institución privada; ubicada en el Oeste de Caracas.

III.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Las técnicas e instrumentos para la recolección de datos servirán para obtener información que guíe la investigación al cumplimiento de los objetivos planteados; Para alcanzar esto, se aplicaran las siguientes:

- **Revisión Documental:** “es una técnica en la cual se recurre a información escrita, ya sea bajo la forma de datos que pueden haber sido producto de mediciones hechas por otros, como textos que en sí mismo contribuyen a los eventos de estudio”. Entre los instrumentos para recolectar esta información se encuentran fuentes documentales como libros, revistas, página web y trabajos especiales de grado anteriores con temas similares; Adicionalmente la empresa cuenta con presentaciones corporativas e información escrita sobre sus procesos de manera detallada.
- **La Observación:** Es de tipo directa - no participante, “en este caso el observador permanece ajeno al evento a estudiar. No participa en él ni lo modifica...” (Hurtado, 2000). Esta técnica se basa en visitas planificadas al Laboratorio de Materiales permitiendo conocer el proceso productivo de la empresa.
- **La Entrevista:** Es de tipo inestructurada – focalizada, “el entrevistador ha elaborado previamente una lista de temas o puntos en los cuales se centra el interrogatorio (guía o pauta de entrevista)” (Hurtado, 2000). La implementación de esta técnica facilita el manejo de información gracias a la experiencia que poseen los entrevistados ante diversas situaciones que se pueden presentar.
- **El cuestionario:** Es de tipo cerrado – “es un formato redactado en forma de interrogatorio para obtener información acerca de las variables que se investigan, puede ser aplicado personal o digitalmente y en forma individual o colectiva, debe reflejar y estar relacionado con las variables y sus indicadores”. La implementación de esta técnica facilita la obtención de datos haciendo más sencilla la tabulación de los mismos para así representarlos cuantitativamente. Para la aplicación de los cuestionarios se utilizará el Método Delphi.

III.7 Estructura Desagregada del Trabajo Especial de Grado

Objetivos Específicos	Actividades	Herramientas	Indicadores
Caracterizar los procesos de la cadena de suministro a ser contemplada	Consulta directa al Director del Laboratorio de Materiales Revisar documentos históricos del Laboratorio	Entrevista con el Director del Laboratorio Documentos Históricos de la Empresa	Descripción del proceso y levantamiento de la cadena de suministro
Identificar las variables logísticas que influyen en la cadena de suministro	Consulta directa al Director del Laboratorio sobre las variables analizadas Analizar como afectan cada una de estas a la cadena de suministros y disgregarlas	Entrevista con el Director del Laboratorio Análisis de sensibilidad de las variables frente a la situación actual del Laboratorio	Documento que contenga las variables escogidas con su respectivo análisis
Diseñar un modelo representativo del comportamiento de la cadena de suministro	Estudiar el estado de las variables escogidas en la actualidad	Síntesis del objetivo anterior con jugadores y variables a tratar Semáforo a utilizar según las variables logísticas	Matriz que representa la situación actual que las variables presentan en la cadena de suministros del laboratorio

Objetivos Específicos	Actividades	Herramientas	Indicadores
Analizar el comportamiento del modelo representativo, frente a condiciones de efecto latigazo en la cadena de suministro	Estudiar cuál es el juego a aplicar según la cadena de suministros	Síntesis del objetivo anterior con los escenarios	Matriz de solución basada en teoría de juegos que permita establecer estrategias para amortiguar el Efecto Latigazo
	Recolectar los datos para la realización de la matriz de juego	Encuentas a los expertos del laboratorio por el método Delphi	
Determinar el conjunto de estrategias que amortigüen el efecto latigazo en la cadena de suministro contemplada	Realizar el juego para así obtener el equilibrio con la o las estrategias que amortigüen el efecto latigazo	Uso del método de resolución de teoría de juegos, Equilibrio Perfecto Bayesiano de Nash	Matriz de solución basada en teoría de juegos que permita establecer estrategias para amortiguar el Efecto Latigazo
Valorar el impacto estimado del conjunto estrategias seleccionadas	Estudiar las estrategias resultantes, valorando sus ventajas y/o desventajas dentro del Laboratorio	Síntesis del objetivo anterior	Tabla resultante de los escenarios, estrategias e impactos que éstas generen en el Laboratorio

Tabla 1: Estructura desagregada del TEG

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: DESARROLLO

IV.1 Situación actual de la empresa

El Laboratorio de materiales de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Católica Andrés Bello presta servicios a empresas del ramo de la construcción, principalmente ensayos de compresión a cilindros de concreto.

El laboratorio cuenta con un vehículo designado exclusivamente para el transporte de cilindros desde la localidad que indique el cliente, hasta las instalaciones del laboratorio de materiales.

Al llegar al destino los cilindros, estos son sometidos a una revisión de control. Luego los cilindros aceptados, son almacenados en los tanques de curado; y aquellos que no logran aprobar la revisión de control son desechados o devueltos al cliente.

En el área de curado, hay una existencia de doce (12) tanques, con dimensiones adecuadas para el almacenamiento de sesenta (60) cilindros aproximadamente.

La máquina designada para llevar a cabo los ensayos realiza el proceso de compresión automáticamente, este nivel de automatización requiere de operarios capacitados para la realización exitosa del ensayo. Esta operación junto con el pesaje de los cilindros, son las únicas que tienen un grado de semi-automatización, entonces las operaciones restantes son de carácter manual.

El sistema de producción del laboratorio está regido por un sistema *Pull* (o jalar) debido a que el movimiento de los materiales y los recursos humanos se ajusta en todo momento a la demanda. Debido a que se requiere del cliente para poder aplicar el servicio a su producto.

Los datos presentes en la siguiente tabla, es el histórico de la demanda correspondiente al año 2.014, los cuales han sido proporcionados por el laboratorio.

			Cilindros		
		# de clientes	Recibidos	Rechazados	Aceptados
Meses	Enero	11	660	22	638
	Febrero	7	420	21	399
	Marzo	7	420	21	399
	Abril	7	420	50	370
	Mayo	10	600	50	550
	Junio	7	420	28	392
	Julio	8	480	40	440
	Agosto	8	480	16	464
	Septiembre	11	660	55	605
	Octubre	7	420	14	406
	Noviembre	10	600	30	570
	Diciembre	11	660	55	605
		Porcentaje de utilización promedio mensual de los tanques			
		67%			

Tabla 2: Datos demanda histórica 2.014

Fuente: Archivos laboratorio de materiales UCAB

Estos datos no son representativos en lo que se refiere a un pronóstico para los años siguientes, ya que la demanda de este tipo de servicios en el sector de la construcción tiene un carácter de aleatoriedad que no permite la aplicación de un modelo de pronóstico.

Las ganancias obtenidas gracias a la prestación del servicio, son distribuidas en su totalidad entre el salario a todo el personal operativo y administrativo, para el mantenimiento de las máquinas y del vehículo de transporte, y para la compra de los materiales requeridos para los ensayos principales tales como: discos de neopreno, aceites, lubricantes, azufre.

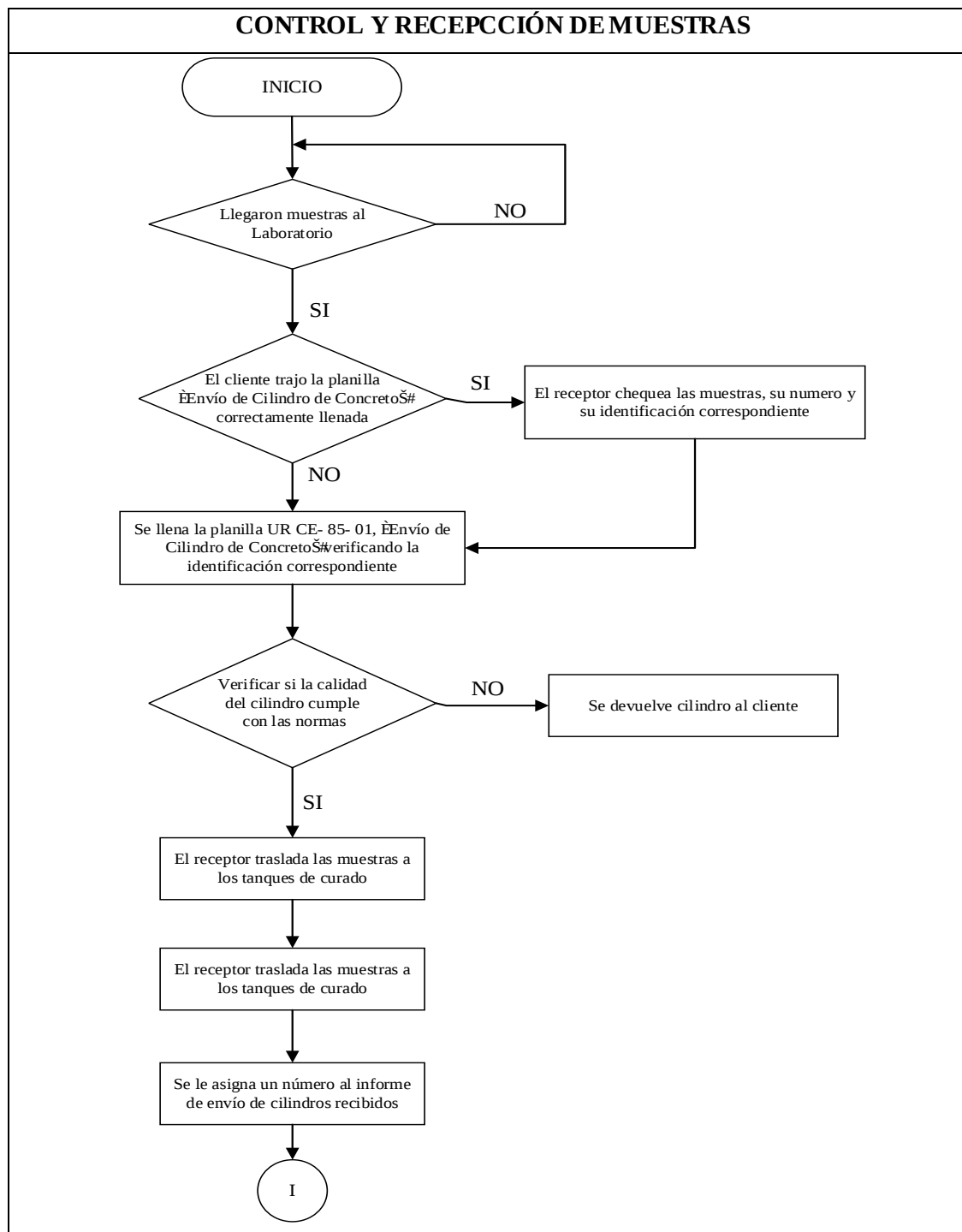
El laboratorio se encuentra estructurado de la siguiente manera:

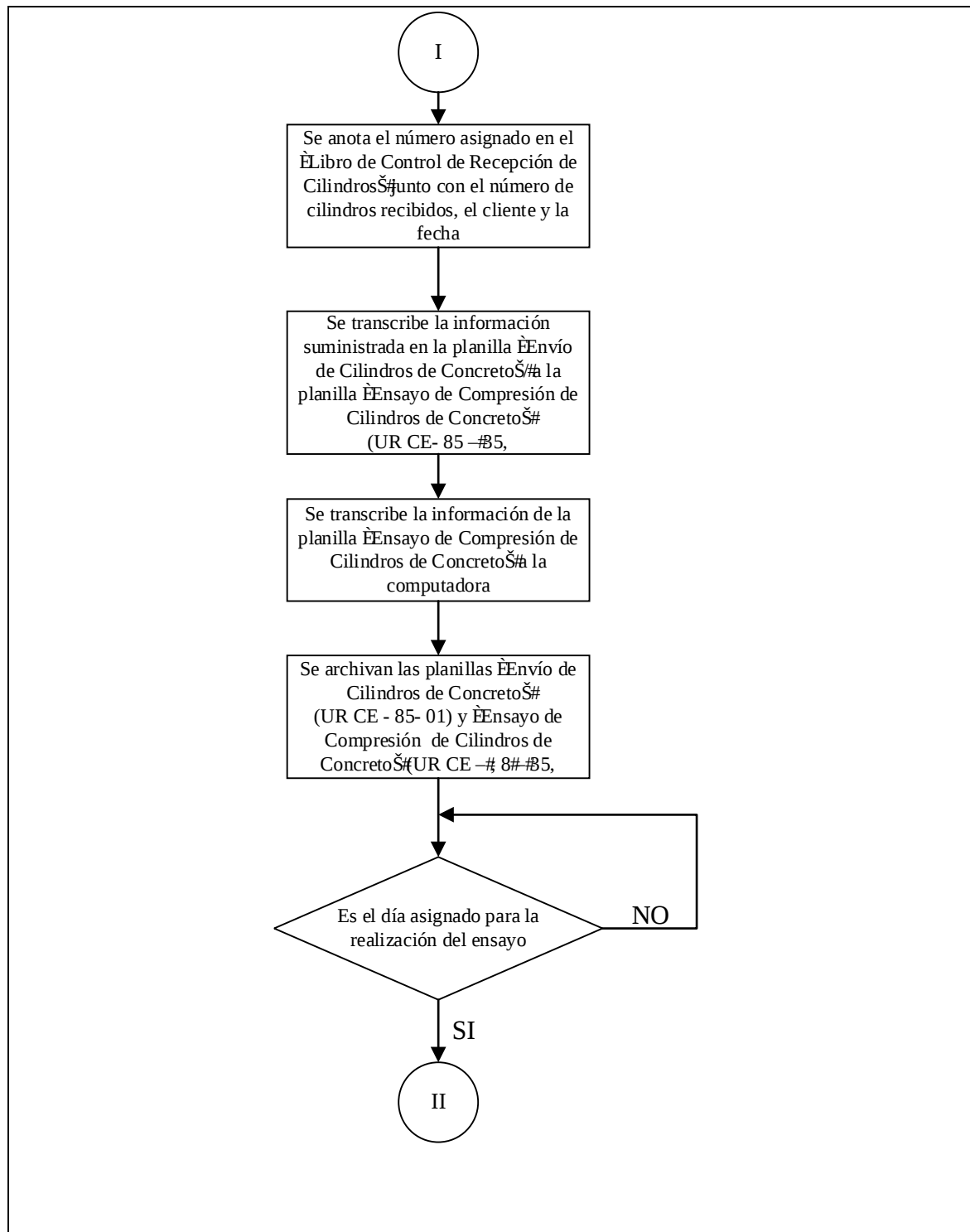


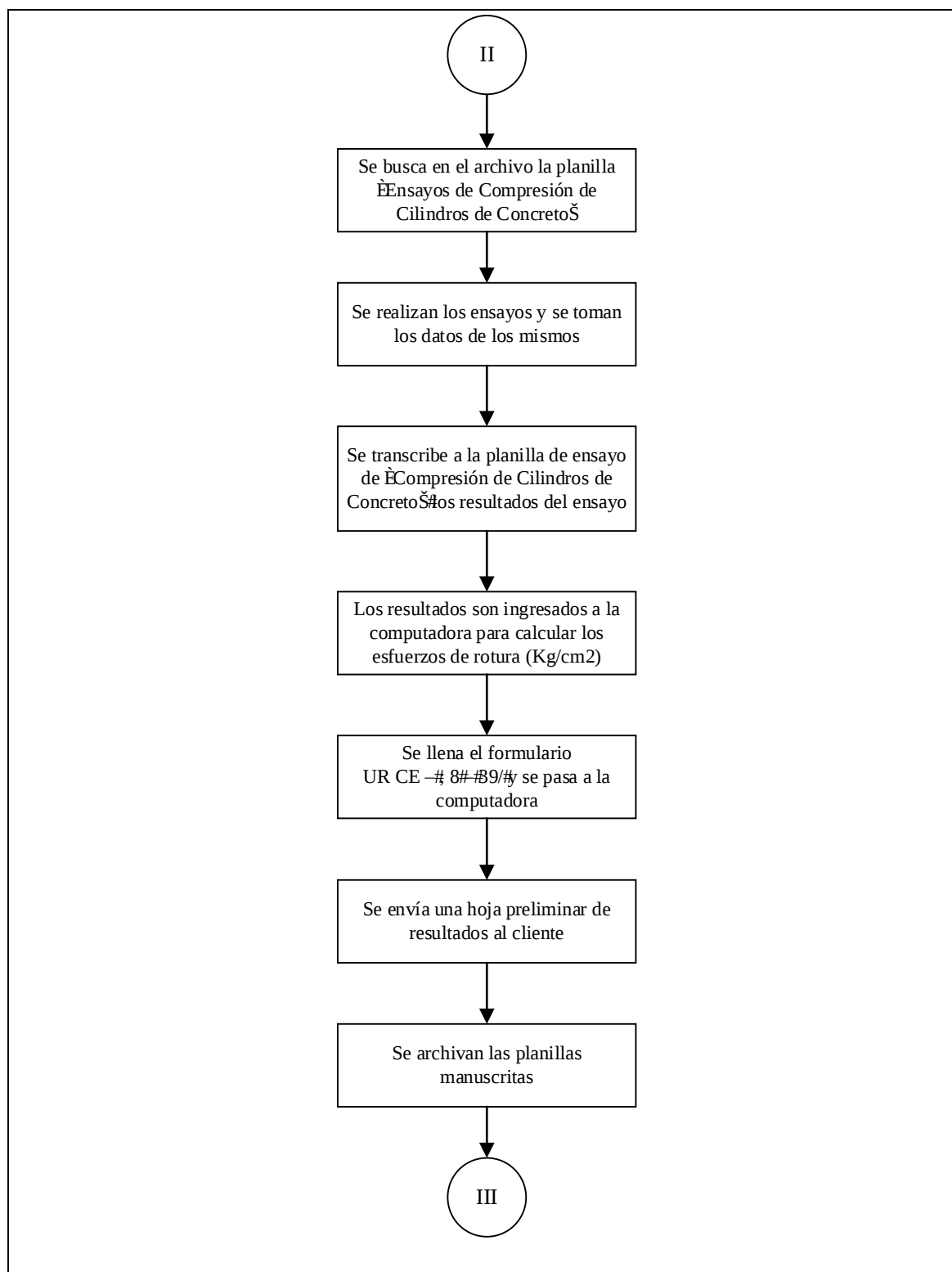
Diagrama 3: Organigrama laboratorio de materiales UCAB

Fuente: Elaboración propia

IV.2 Caracterización de la cadena de suministros







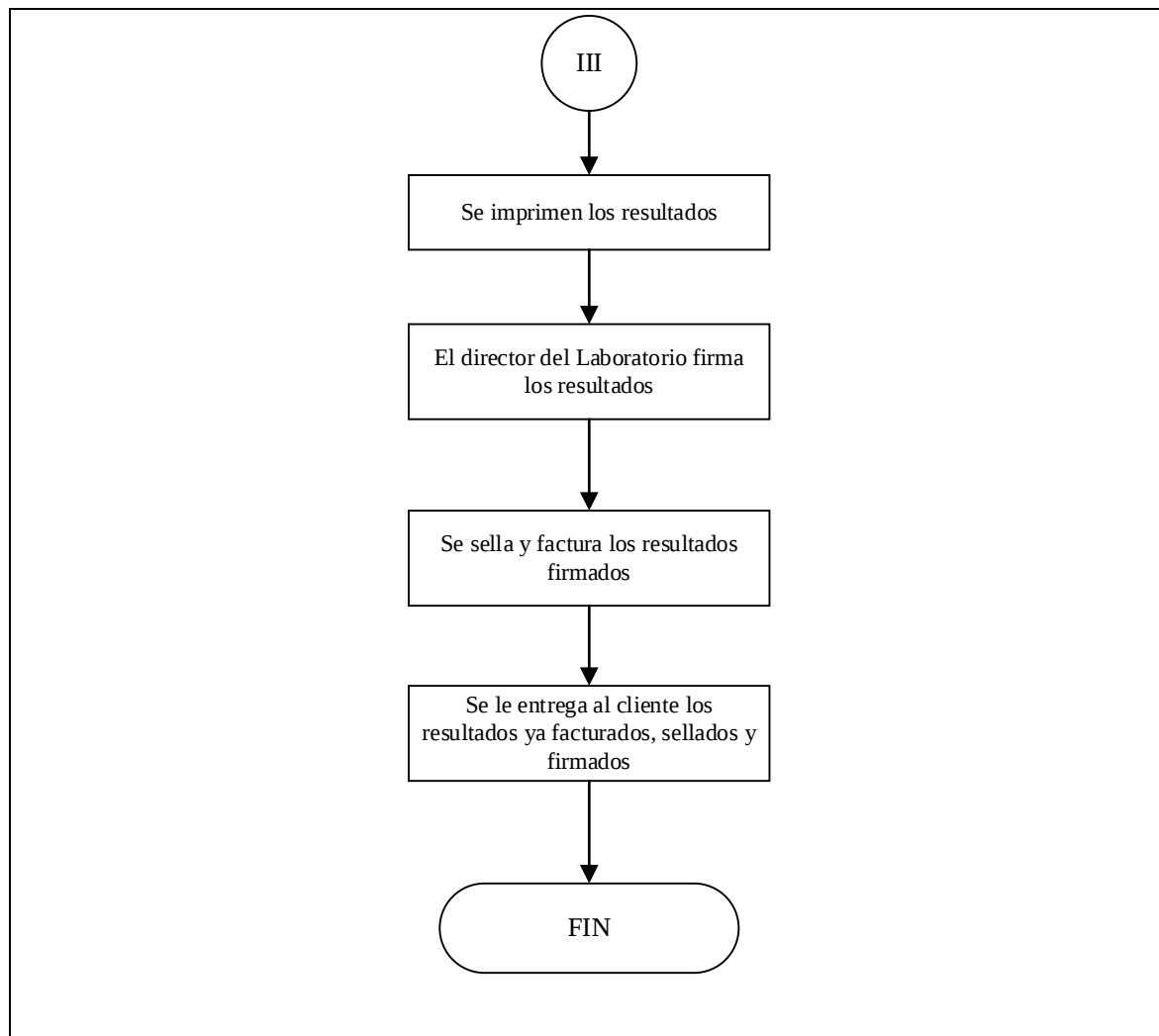


Diagrama 4:Flujograma de procesos de control y recepción de muestras

Fuente: Elaboración propia

En el anterior Flujograma de procesos se esquematiza la cadena de suministro de ensayos de compresión a Cilindros de Concreto del Laboratorio de Materiales de la Universidad Católica Andrés Bello, estos ensayos son la actividad principal del

laboratorio, de manera que, este será el proceso que se someterá a estudio en este trabajo.

Para esta cadena de suministros se procederá a explicar ciertos procesos de mayor importancia dentro de la misma.

Los cilindros de concreto son buscados por el vehículo correspondiente y llevados al laboratorio para realizar los ensayos.

Para verificar si la calidad del cilindro cumple con las normas, se le realizan una serie de mediciones al cilindro y se observan ciertas características como son, la uniformidad de las caras del cilindro, deben encontrarse alisadas, debe presentar paralelismo entre las caras del cilindro y se debe asegurar que exista una perpendicularidad entre el eje vertical y las caras del cilindro. Si algunas de estas características propias del cilindro no se cumplen, el mismo será devuelto al cliente.

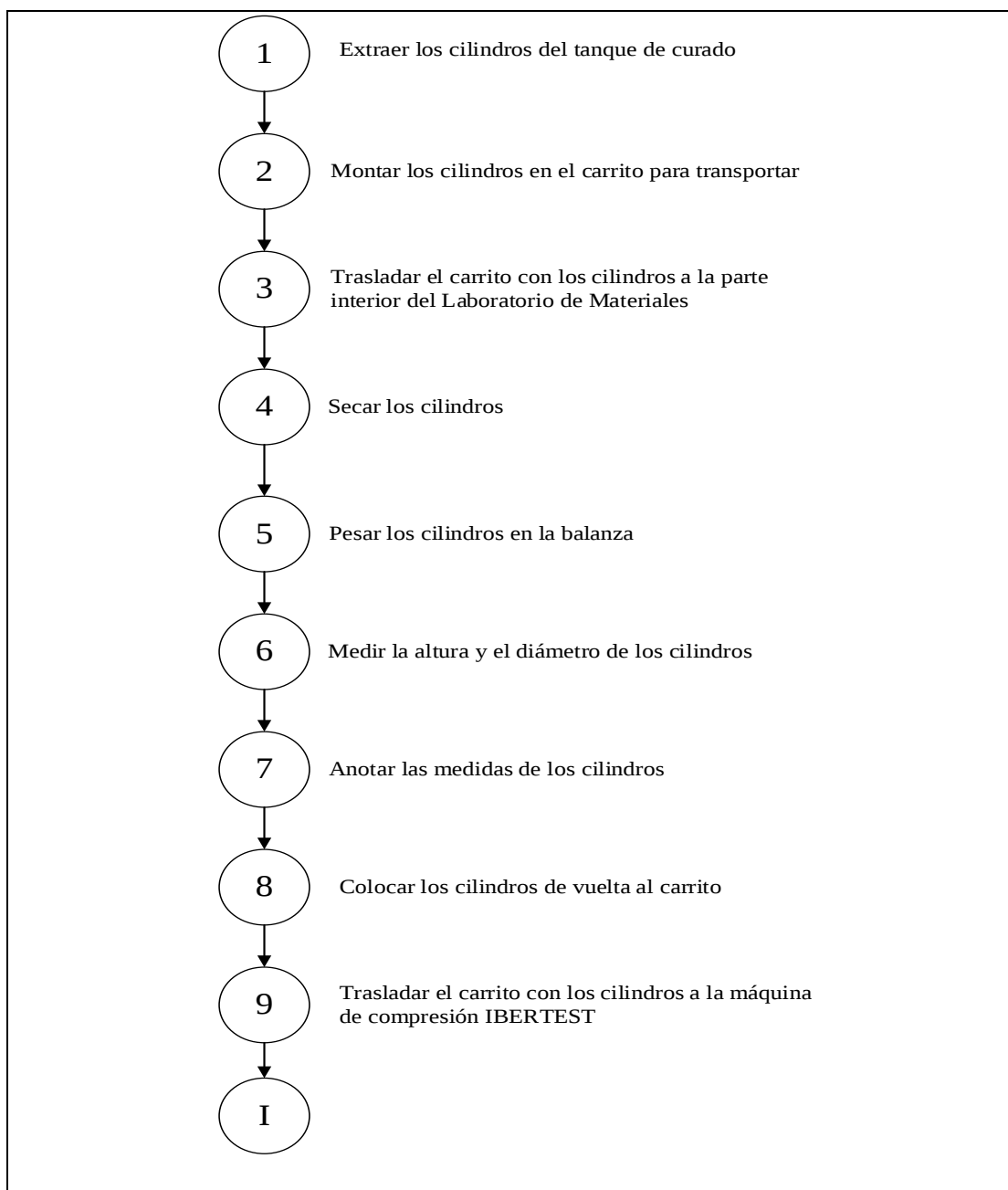
En el tanque de curado se mantienen los cilindros por 28 días sumergidos en agua potable y techados para asegurar el proceso de curado luego de la recepción de los mismos, sin embargo, si los cilindros tienen un tiempo mayor de 22 días de realizados, se procede con el ensayo sin pasarlos por el tanque de curado. Cada tanque se identifica con el cliente respectivo para evitar confusiones.

Luego de transcurridos los 28 días, los cilindros dentro del tanque de curado son extraídos y colocados en una carretilla para transportarlos y ser secados. Se procede a medir la altura del cilindro, el ancho y su masa, luego se trasladan a la máquina de compresión (IBERTEST), se le coloca un forro especial para poder recubrir el cilindro y así asegurar que al ser aplicada la fuerza de compresión el mismo estalle en una condición de confinamiento, se procede a realizar el ensayo de compresión del cual se tomarán los datos que serán ingresados en la computadora para el cálculo de los esfuerzos de rotura del cilindro.

En caso que el resultado de compresión de algún cilindro refleje una resistencia a la compresión más baja de lo esperado (60 Kgf/cm^2), el Encargado del laboratorio procede a revisar el cilindro de forma visual basándose en su experticia, estos cilindros suelen tener ciertas características que reducen su resistencia, entre estas tenemos la utilización de arcilla en su conformación, la existencia de porosidades en el cilindro por burbujas de aire, entre otras características.

Una vez obtenidos los resultados, se le envía un informe preliminar con los resultados a los clientes a través de un correo electrónico, a fin de realizar un corte administrativo, para que el cliente se disponga a cancelar el servicio de ensayo realizado por el Laboratorio de Materiales.

DIAGRAMA DE PROCESOS, PROCEDIMIENTO Y ENSAYO DE LOS CILINDROS DE CONCRETO



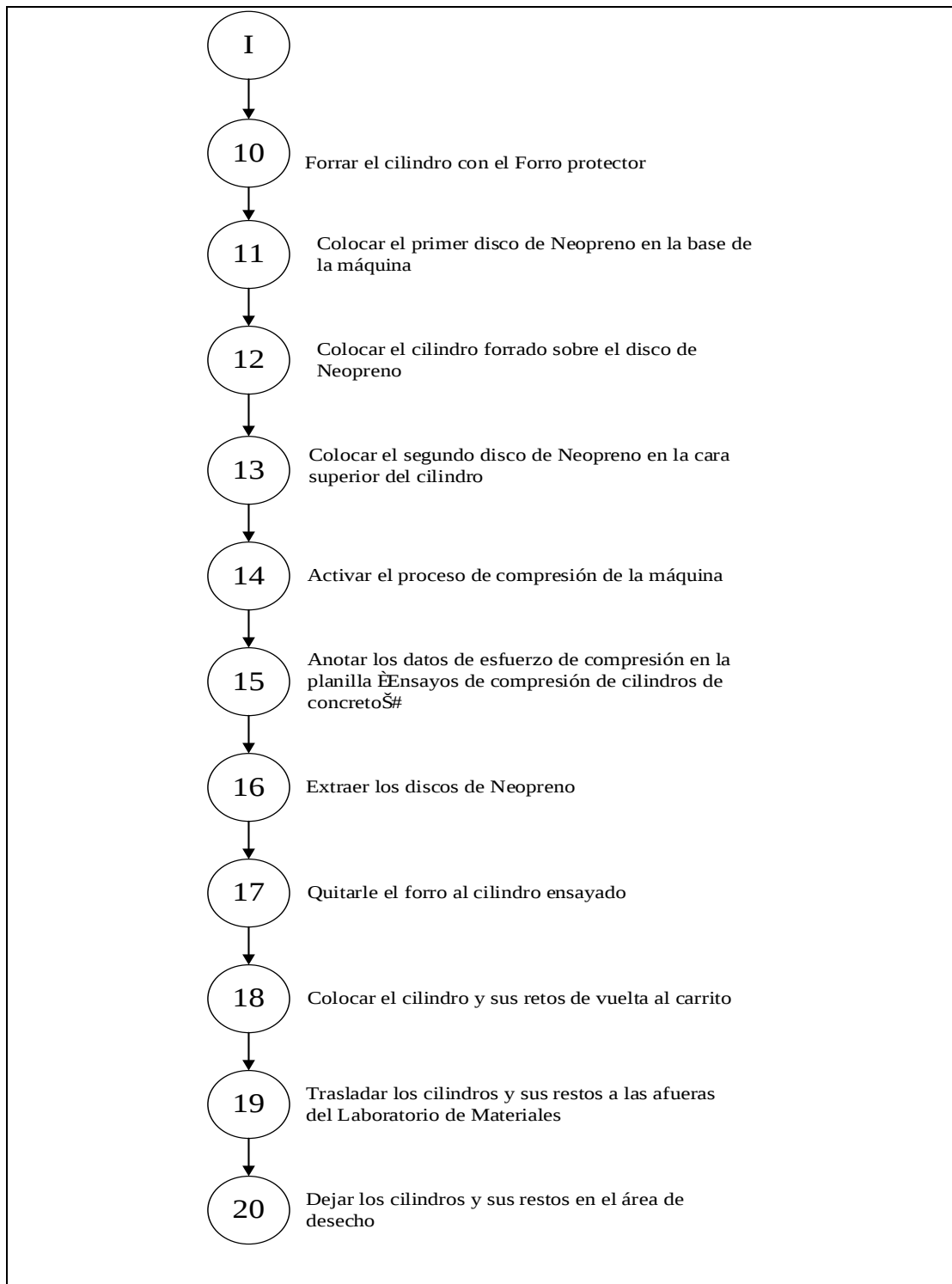


Diagrama 5: Diagrama de procesos, procedimiento y ensayo de los cilindros

Fuente: Elaboración propia

En el anterior Diagrama de Operaciones se esquematiza el procedimiento de ensayo de compresión de los Cilindros de Concreto del Laboratorio de Materiales de la Universidad Católica Andrés Bello.

Las operaciones realizadas durante todo el ensayo se le aplican a cada uno de los sesenta (60) cilindros, que se encuentren en el tanque de curado del cual toque extraerlos de acuerdo al registro de tiempo de llegada de los cilindros de un cliente.

Los procedimientos previos al ensayo se suelen realizar en cortos períodos de tiempo por mano de los Beca-trabajo y/u Obreros con previa experiencia, asegurando que cada cilindro sea medido y pesado para la realización del ensayo de compresión.

En el proceso de ensayo de compresión para los cilindros de concreto, es indispensable colocar los discos de neopreno en la base de la Máquina de compresión y en la superficie del cilindro, ya que esto garantiza que la Máquina y el cilindro no sufran ningún tipo de daño en el proceso de compresión durante el ensayo, aunado a esto es importante colocar el forro especial al cilindro, ya que es mismo podría estallar durante el ensayo, este forro asegura generar una condición segura evitando que trozos o partes del cilindro salgan propulsados alrededor de la zona de ensayo.

IV.3 Variables presentes en el caso de estudio (Metodología Ven-ProBE)

De los Factores Primordiales que Amortiguan el Efecto Latigazo presentes en la metodología Ven-ProBE, asociado a las cadenas de suministro, en Venezuela; Se tomaran en consideración para este estudio las siguientes 3 variables o factores:

- Capacidad instalada

Según F. Camacho (2010) la capacidad instalada se define como: “La disponibilidad de infraestructura que permite a una empresa (unidad, departamento o sección) producir

determinados niveles de bienes o servicios en un periodo determinado. Pero, a fin de alcanzar un determinado nivel de producción, las empresas emplean todos los recursos disponibles, sea la maquinaria y equipo, las instalaciones, los recursos humanos, la tecnología, etc. A breves rasgos, una mayor cantidad de recursos utilizables conduce a una mayor cantidad esperada de producción.”

Capacidad Instalada	Actualmente el laboratorio posee 12 tanques de curado, con capacidad de 60 cilindros por tanque, lo que permite tener un total de 720 cilindros como capacidad máxima, es decir un 100% de utilización. Sin embargo, la utilización generada por la demanda mensual promedio representa un 67% de la capacidad instalada (Tabla 2), esto indica que se tiene aproximadamente en uso 8 tanques mensuales, dejando así una holgura de 33% de utilización. Según los expertos del laboratorio se busca tener una utilización de la capacidad instalada de un 85% para así poder tener una holgura del 15% evitando que se genere capacidad ociosa perjudicial y a la vez tener un respaldo para poder confrontar posibles imprevistos, al comparar esto con la utilización actual de la capacidad instalada del laboratorio tenemos que se genera una capacidad ociosa en promedio de 18% que se obtiene al restar el porcentaje de utilización buscado (85%) y el porcentaje de utilización actual (67%). A pesar de que se tiene un amplio margen holgura, generando así la posibilidad de aguantar un aumento promedio de la demanda de un 33% en cuanto a capacidad instalada, esta
---------------------------------------	---

	variable bajo estas condiciones no es capaz de soportar un efecto latigazo del 100% de aumento de la demanda definido como el fenómeno latigazo para este estudio.
--	--

- Filosofía de mantenimiento

Es una forma estandarizada que se debe tener para realizar el mantenimiento a los equipos y máquinas, para prevenir accidentes o problemas con los mismos, esta debe contener un mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo acorde para evitar que se presenten fallas en la maquinaria y equipos.

El mantenimiento preventivo es aquel que se realiza de manera anticipada con el fin de prevenir el surgimiento de averías, bajo un plan de acción definido y regido por un cronograma con sus respectivos responsables.

El mantenimiento correctivo se caracteriza por el arreglo de la máquina o equipo por medio del cambio de la pieza dañada por otra logrando que el sistema vuelva a funcionar correctamente.

El mantenimiento predictivo consiste en predecir las futuras fallas de la unidad. se efectúa cuando la maquinaria presenta alguna señal, característica de ella y por el constante monitoreo del equipo por parte de los operarios. El mantenimiento predictivo consigue prevenir posibles errores que requiera la aplicación de ejercicios correctivos.

Filosofía de	Actualmente en el laboratorio se tiene una sola máquina de compresión para realizar los ensayos, la cual ya ha sobrepasado su ciclo de vida útil, causando que el mantenimiento correctivo que se le debe aplicar a la máquina tenga una relación directamente proporcional al comportamiento de la demanda. La continua aplicación de ejercicios de mantenimiento correctivo,
---------------------	--

Mantenimiento	genera retrasos significativos en cuanto al tiempo de realización de los ensayos. Entendiendo que el laboratorio no cuenta con recursos para reemplazar la máquina, y las consecuencias de que solo se posea una unidad que ya ha sobrepasado su vida útil, se resaltan las razones por la que los operarios y encargados de dicha máquina deben ser responsables con el cumplimiento de cualquier tipo de mantenimiento a realizar y saber detectar las fallas presentes, para poder mantener su producción en el mejor nivel posible que permita la unidad. Es por esto que se toma en cuenta esta variable para este estudio, ya que al suponer un aumento de la demanda del 100%, esto generaría un incremento en la cantidad de correcciones que se le deben hacer a la máquina, resaltando también la importancia del mantenimiento preventivo que requiere este tipo de maquinaria, y las consecuencias que provocarían su mala gestión, que van desde altos tiempos muertos de trabajo hasta que la máquina pierda completamente su funcionalidad, consecuencias que en presencia de un efecto látigo quebrarían la cadena de suministro del laboratorio al no poder satisfacer la demanda. Por último se debe mencionar el hecho de que los responsables de operar la máquina que en este caso son los mismos que realizan el mantenimiento con un aumento de la demanda pueden tener menos tiempo para la aplicación de sus tareas de
----------------------	---

	mantenimiento, dejándolas en segundo plano, generando las mismas consecuencias ya mencionadas.
--	--

- Curva de Aprendizaje

Según Krajewski Lee (2000) la curva de aprendizaje se entiende como: “Muestra la relación entre la mano de obra directa total por unidad y la cantidad acumulativa del producto o servicio producido. La curva de aprendizaje se refiere a una tarea o empleo repetitivo y representa la relación entre la experiencia y la productividad: el tiempo necesario para producir una unidad disminuye a medida que el operario o la compañía produce más unidades.”

Curva de Aprendizaje	Todo proceso antes, durante y después del ensayo se realiza de forma manual y repetitiva por los Beca trabajo y/u operarios del laboratorio. Varias de estas actividades necesitan de un corto tiempo de entrenamiento previo para así poder asegurar que el personal se encuentre calificado para llevar a cabo correctamente la tarea, es de suma importancia este entrenamiento y capacitación del personal, ya que si el mismo no se encuentra en condiciones adecuadas para el manejo de los insumos y equipos provocaría no solo un daño a su integridad física, sino también al insumo o equipo que este manipulando, trayendo como consecuencia la paralización de los procesos de ensayo por un tiempo no determinado dependiendo de la gravedad del daño ocasionado y gastos económicos imprevistos.
-----------------------------	--

	En presencia de un fenómeno que genere un aumento de la demanda en un 100%, el estado de esta variable es un factor clave en cómo puede reaccionar la cadena para satisfacer la demanda (en cumplimiento o incumplimiento). Analizando bajo el supuesto de que en caso de que se presente el latigazo, el laboratorio recae en la necesidad de contratar más personal, por lo que, la manera y el tiempo con el que se haga el entrenamiento y capacitación, y la dificultad de las actividades a enseñar a dicho personal, justifican la inclusión de esta variable debido a la evidente relación entre su estado y la capacidad de respuesta del laboratorio para satisfacer los pedidos.
--	---

Para efectos de la aplicación de la teoría de juegos que se realizará posteriormente, se deben contemplar todos los posibles escenarios que presentan estas variables; Estos escenarios están definidos bajo la siguiente escala:

Capacidad Instalada

	Se tiene un porcentaje utilización mayor o igual a 80% hasta 100%, se utilizan entre 10 y 12 tanques de curado mensuales
	Se tiene un porcentaje utilización mayor del 60% y menor al 80%, se utilizan entre 7 y 9 tanques de curado mensuales
	Se tiene un porcentaje utilización mayor o igual al 0% y menor de 60%, se utilizan entre 0 y 6 tanques de curado mensuales

Tabla 3: Escala estado variable capacidad instalada

Fuente: Elaboración propia

Esta variable es medida por el porcentaje de utilización de la capacidad instalada, para la realización de los escenarios por medio de los semáforos se utilizó una escala en

función a la capacidad total del laboratorio, ya que el mismo no posee una escala para medir que tan crítico puede estar su utilización de la capacidad instalada.

La escala fue realizada de la siguiente manera; siendo 12 tanques de curado se dividió en tres partes la primera que corresponde al intervalo entre 0 y 7 tanques, la segunda entre 7 y 10 tanques y la tercera entre 10 y 12 tanques utilizados, eso se pasó a porcentaje teniendo intervalos de 0% a 60%, de 60% a 80% y de 80% a 100% respectivamente, correspondiendo a los colores del verde al rojo de forma creciente.

Filosofía de Mantenimiento

Para su medición, se entiende como: la disponibilidad de tiempo que tenga el personal para realizar el mantenimiento preestablecido, y la capacidad de los empleados en realizarlo.

	Poca capacidad y disponibilidad para realizar los mantenimientos
	Media capacidad y disponibilidad para realizar los mantenimientos
	Alta capacidad y disponibilidad para realizar los mantenimientos

Tabla 4: Escala estado variable filosofía de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Esta variable se analiza en función de la disponibilidad y la capacidad del personal que realiza el mantenimiento, dado que este se debe hacer constantemente. El color verde va relacionado a una alta capacidad y disponibilidad para realizar el mantenimiento, caso que se da cuando el personal que debe realizar el mantenimiento se encuentra 100% desocupado como para realizar el mantenimiento correspondiente y esté capacitado para hacerlo correctamente. El color Amarillo presenta una media capacidad y disponibilidad para realizar el mantenimiento, este caso se da cuando el personal que debe realizar el mantenimiento no se encuentra en total disponibilidad o no está completamente capacitado para realizarlo, haciendo así que este mantenimiento pueda retrasarse de algún modo. El color rojo significa que el personal que debe realizar el

mantenimiento se encuentra con poca o ninguna disponibilidad o no tiene una capacitación suficiente para realizarlo.

Curva de Aprendizaje es el tiempo que se le tendría que invertir al empleado en entrenamientos y capacitaciones para hacer las actividades requeridas de forma eficaz y eficiente, que se considera relacionado directamente proporcional con la complejidad de la actividad.

	Más del 50% de las actividades de mano de obra son complejas
	Existe un equilibrio entre las actividades complejas de mano de obra junto con las simples de mano de obra
	Más del 50% de las actividades de mano de obra son simple

Tabla 5: Escala estado variable curva de aprendizaje

Fuente: Elaboración propia

Para poder interpretar esta variable y poder asignarle la respectiva escala de colores es primordial que se tome en cuenta el total de las actividades que deben cumplir los distintos operarios dentro de todo el sistema. Teniendo en cuenta todas las actividades se deben clasificar entre actividades con mayor complejidad siendo estas actividades que requieren un mayor tiempo de entrenamiento y capacitación, y actividades con menos complejidad, como son aquellas cuyo tiempo de entrenamiento y capacitación es corto.

Tomando todas las actividades se observa entonces, si más del 50% de las actividades presentes son de bajo nivel de complejidad por ende requiere de un corto tiempo de entrenamiento y capacitación se le asigna el color verde, en caso contrario, si se tiene que más del 50% de las actividades que deben realizar los operarios, son de un alto nivel de complejidad se le asignara el color rojo, si se observa que el total de las actividades que deben realizar los operarios se encuentra en un equilibrio, se le asigna el color amarillo.

En el caso preciso del Laboratorio de Materiales se diferencian las actividades de la siguiente forma:

Actividades con bajo nivel de complejidad son aquellas que requieran poco entrenamiento y capacitación como son, el traslado de los cilindros, revisión preliminar de los cilindros, medición y pesaje de cilindros.

Actividades con alto nivel de complejidad como son aquellas que requieran de un entrenamiento más extenso al igual que la capacitación, éstas son, el manejo de la máquina de compresión y el mantenimiento de las máquinas.

Con esta escala donde el color rojo representa el estado más crítico de la variable, el amarillo representa que la variable está en un nivel que no es el ideal y puede generar problemas, pero aun así puede ser manejable, y el color verde refleja el estado ideal en el que se puede encontrar la variable, se ven cubiertos los espectros que pueda presentar la variable.

Una vez definido esto, se procede con la búsqueda de los escenarios que pueda presentar el laboratorio de materiales. Ahora bien, en teoría al tener tres variables a estudiar, y tres escalas posibles para cada una de ellas, se generan 27 escenarios posibles.

Según los datos históricos de demanda, el laboratorio se encuentra normalmente con un porcentaje de utilización del 67%, con una ocupación en promedio de 8 tanques mensuales. Según conversaciones realizadas con el experto y encargado del laboratorio, este nos indica que la posibilidad de ocurrencia de un escenario donde el porcentaje de utilización este por debajo del 60% es despreciable, en conclusión, todas las combinaciones de escenarios donde esté presente la capacidad instalada con indicador verde (porcentaje de utilización menor o igual a 60%) no serán consideradas para este estudio.

Lo mismo ocurre con la variable curva de aprendizaje, de las conversaciones realizadas con el encargado del laboratorio se llegó a una conclusión semejante; Los escenarios que presenten a esta variable como crítica o de color rojo tienen una probabilidad de ocurrencia despreciable, dado que las actividades que requieren de una previa capacitación no son tan complejas y elaboradas como para expresar un escenario que resulte que esta variable sea crítica.

En consecuencia a esta reducción de escenarios, se obtuvo un total de 12 escenarios posibles. A efectos del estudio, se decidió reducir los escenarios a 5, primeramente por razones de tiempo, además de que se considera que con los 5 escenarios más probables es suficiente para comprobar y validar la efectividad de la metodología del proyecto SCOTVAR.

Se aplicará el método Delphi para obtener los 5 escenarios más probables, a los dos encargados principales del laboratorio, y al Ingeniero Henry Gasparin que se considera como un experto para suministrar esta información ya que está familiarizado con el laboratorio al haber llevado a cabo su tesis de doctorado sobre la metodología Ven-ProBE en dicho laboratorio.

A continuación, se presenta el modelo del cuestionario del método Delphi que permitirá obtener los 5 escenarios con mayor probabilidad de ocurrencia:

Enumere los siguientes escenarios del 1 al 12 con la siguiente ponderación:	Escenario más probable	1
	Escenario menos probable	12

	Ponderación escenario 1		Ponderación escenario 7
Escenario 1		Escenario 7	
Capacidad Instalada		Capacidad Instalada	
Filosofía de Mantenimiento		Filosofía de Mantenimiento	
Curva de Aprendizaje		Curva de Aprendizaje	
	Ponderación escenario 2		Ponderación escenario 8
Escenario 2		Escenario 8	
Capacidad Instalada		Capacidad Instalada	
Filosofía de Mantenimiento		Filosofía de Mantenimiento	
Curva de Aprendizaje		Curva de Aprendizaje	
	Ponderación escenario 3		Ponderación escenario 9
Escenario 3		Escenario 9	
Capacidad Instalada		Capacidad Instalada	
Filosofía de Mantenimiento		Filosofía de Mantenimiento	
Curva de Aprendizaje		Curva de Aprendizaje	
	Ponderación escenario 4		Ponderación escenario 10
Escenario 4		Escenario 10	
Capacidad Instalada		Capacidad Instalada	
Filosofía de Mantenimiento		Filosofía de Mantenimiento	
Curva de Aprendizaje		Curva de Aprendizaje	
	Ponderación escenario 5		Ponderación escenario 11
Escenario 5		Escenario 10	
Capacidad Instalada		Capacidad Instalada	
Filosofía de Mantenimiento		Filosofía de Mantenimiento	
Curva de Aprendizaje		Curva de Aprendizaje	
	Ponderación escenario 6		Ponderación escenario 12
Escenario 6		Escenario 12	
Capacidad Instalada		Capacidad Instalada	
Filosofía de Mantenimiento		Filosofía de Mantenimiento	
Curva de Aprendizaje		Curva de Aprendizaje	

Tabla 6: Cuestionario ponderación escenarios

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidos los resultados de los tres cuestionarios, se sumaron las 3 ponderaciones para cada escenario, resultando así estos los 5 escenarios con mayor probabilidad de ocurrencia según los expertos:

Escenario 1		Ponderación escenario 1
Capacidad Instalada		31
Filosofía de Mantenimiento		
Curva de Aprendizaje		

Escenario 5		Ponderación escenario 5
Capacidad Instalada		34
Filosofía de Mantenimiento		
Curva de Aprendizaje		

Escenario 2		Ponderación escenario 2
Capacidad Instalada		27
Filosofía de Mantenimiento		
Curva de Aprendizaje		

Escenario 7		Ponderación escenario 7
Capacidad Instalada		28
Filosofía de Mantenimiento		
Curva de Aprendizaje		

Escenario 4		Ponderación escenario 4
Capacidad Instalada		30
Filosofía de Mantenimiento		
Curva de Aprendizaje		

Tabla 7: Resultados ponderaciones escenarios

Fuente: Elaboración propia

El método Delphi sugiere la aplicación sucesiva de cuestionarios, donde a partir del segundo cuestionario, cada experto conocerá los resultados (anónimamente) de los otros expertos, de esta manera el experto puede decidir entre mantener su posición en cuanto a su respuesta ofrecida, o modificarla en función de los resultados de los otros expertos. Esto se hace con la finalidad de disminuir el espacio intercuartil de las respuestas, esto es cuanto se desvía la opinión del experto de la opinión del conjunto.

Se decide no aplicar los cuestionarios sucesivos, ya que, para los 5 escenarios con puntuación más alta, la dispersión o diferencia entre todos los valores resultantes no excede los 3 puntos. De manera que cualquier cambio que pueda hacer el experto a su respuesta dentro de ese rango de 3 puntos, no alteraría el orden de selección de los escenarios. (Ver anexos #1, #2 y #3)

Para facilitar la organización y manejo de los escenarios, los escenarios “4, 5 y 7” pasarán a ser los escenarios “3, 4 y 5” respectivamente.

IV.4 Representación de la cadena de suministros ante diferentes escenarios (Aplicación de la teoría de juegos)

En este apartado se procederá con la aplicación de la teoría de juegos a través de una matriz que permita a los encargados del laboratorio tomar decisiones en función del escenario en el que se encuentren las variables y las acciones que tome el cliente en relación con sus pedidos (demanda).

Hay ciertos factores que se deben definir para poder tener un modelo de juegos debidamente estructurado, tales como:

Jugadores: Los jugadores involucrados en este juego son, la empresa que es representada por el laboratorio de materiales de la UCAB y los clientes.

El jugador #1 será representado por el cliente, ya que este actúa en primer lugar, variando la demanda.

El jugador #2 lo representará la empresa (el laboratorio) ya que este tomará acciones (estrategias) en función de las acciones del jugador #1.

En consecuencia de este orden el juego a plantear será de tipo secuencial, es decir, los jugadores no tomarán acciones de manera simultánea, siempre debe jugar el jugador #1 y después el jugador #2.

La naturaleza viene representada por la demanda, ya que esta toma acción en función de una probabilidad de ocurrencia.

Las acciones son las diferentes alternativas que tiene cada jugador, que se muestran a continuación:

Para el jugador #1

Para efectos del estudio, se definieron solo 3 acciones para el jugador 1 (cliente) mostradas a continuación, el aumento de demanda se define con un delta de 100% bajo las premisas ya mencionadas del fenómeno del latigazo, y para tener un valor cuantitativo para orientar a los expertos en la recolección de datos. Al igual que para la acción que disminuye la demanda en un 50%. Y por último para contemplar ampliamente las decisiones que pueda tomar el cliente, se incluye la acción en la que no modifica la cantidad de pedidos manteniendo así su demanda constante y generando un delta de 0%.

- Aumentar Demanda: • $D = 100\%$
- Mantener Demanda: • $D = 0\%$
- Disminuir Demanda: • $D = -50\%$

Para el jugador #2

Estrategia 1	Adquirir cuatro (4) tanques de curado para sostener el aumento de la demanda, generando una política de mantenimiento preventiva y correctiva para la máquina de compresión para que la misma logre soportar este aumento de ensayo de compresión contemplando que: • En caso que no se tenga personal disponible, contratar los empleados necesarios
----------------------------	--

	preferiblemente ya capacitados para la realización del mantenimiento. • En el caso que el personal esté disponible realizar una capacitación intensiva que asegure el refuerzo de sus habilidades y fomente una cultura de mantenimiento adecuada.
Estrategia 2	Evaluar la Factibilidad de adquirir cuatro tanques de curado adicionales, para así poder contener el aumento del 100% de la demanda y una máquina nueva para los ensayos de compresión.
Estrategias 3	Adquirir cuatro tanques de curado para sostener el aumento de la demanda, y contratando personal ya calificado para la recepción y el traslado de los cilindros, para así poder acelerar el proceso sin sobrecargar al personal actual.
Estrategia 4	Se decide trabajar medio día los sábados, para así poder realizar más ensayos de compresión, haciéndole un mantenimiento intensivo semanal a la máquina para evitar que la misma se sobre-fatigue, asegurando así no sufrir retrasos en los ensayos por imprevistos en la semana.
Estrategia 5	Buscar proveedores para alquilar los tanques de curado necesarios para cubrir el aumento de la demanda por el tiempo que la misma dure, para así poder sostener el aumento de la demanda en los momentos que supere la capacidad instalada actual, junto a esto se contratará y entrenará personal para la manipulación de los

	cilindros para no sobrecargar a los trabajadores actuales.
Estrategia 6	Se disponen los tanques que no estén siendo ocupados para que sean utilizados por los estudiantes y tesisistas del laboratorio, y se les asignan diferentes actividades a los trabajadores, manteniendo un mantenimiento continuo a la máquina de compresión.
Estrategia 7	Se mantiene la capacidad instalada actual, realizando un mantenimiento preventivo e intensivo a la máquina de compresión para que la misma no sufra fallas en el proceso de ensayos, decidiendo solo aceptar a la cantidad de clientes logren soportar actualmente

Se sabe que ninguno de los jugadores tiene información imperfecta en cuanto a las acciones que tomará el otro jugador, esto es; El jugador #1 no sabe que estrategias pondrá en acción el jugador #2 una vez que este (jugador #1) haya jugado y viceversa.

El juego es de información incompleta, ya que los jugadores no conocen la estructura de pagos del juego establecido, además de que el jugador #1 no conoce las estrategias que puede poner en acción el jugador #2.

Una vez definido estos parámetros, se puede definir que el tipo de juego presente es un juego dinámico con información incompleta e imperfecta. El nombre del equilibrio que se busca en este tipo de juegos con dichos parámetros y características se conoce como equilibrio perfecto bayesiano de Nash.

Para este tipo de estudio, también se define el juego como *ONE-SHOT*, esto es, los jugadores interactúan una sola vez, existe una sola jugada en la toma de decisiones y no se modifica a lo largo de la misma.

A continuación, se presentarán los 5 juegos que surgen, uno por cada escenario planteado, con sus respectivas características:

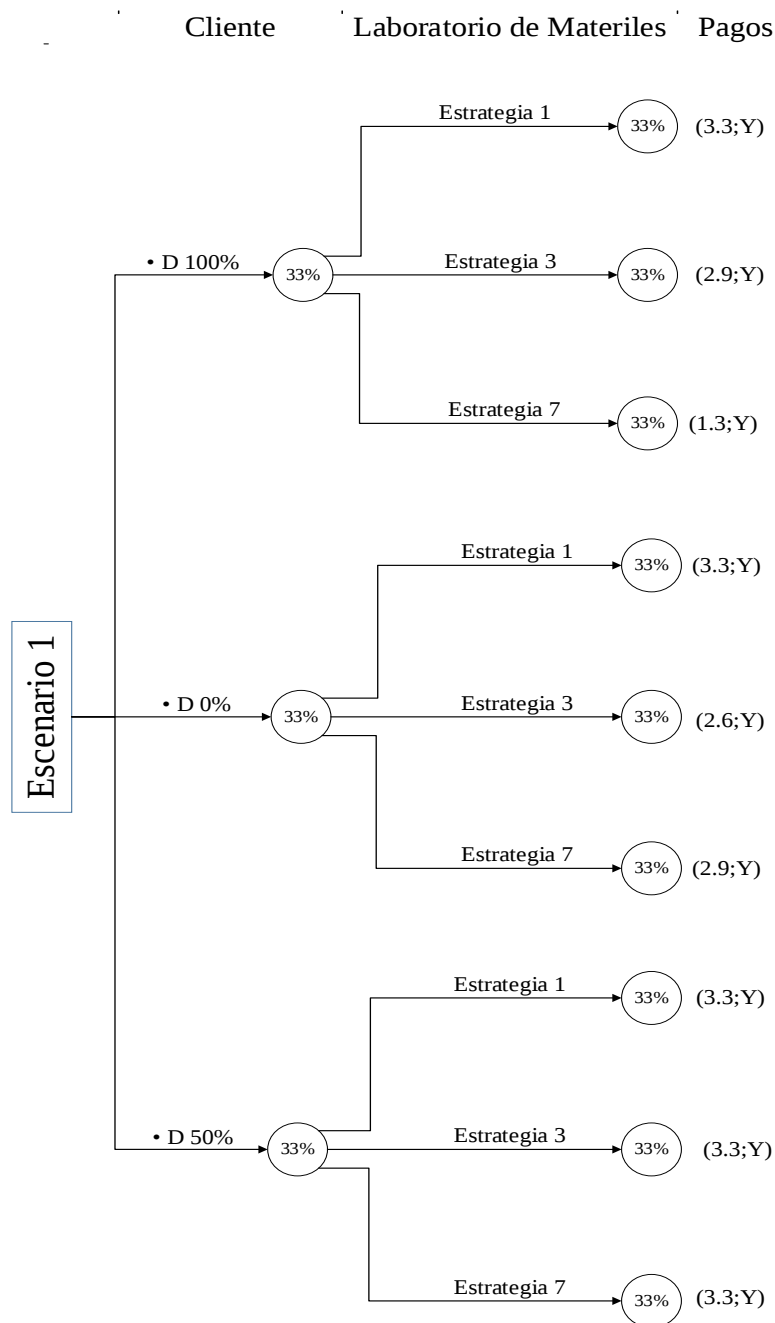


Diagrama 6: Árbol de expansión del teorema de Bayes para el escenario 1

Fuente: Elaboración propia

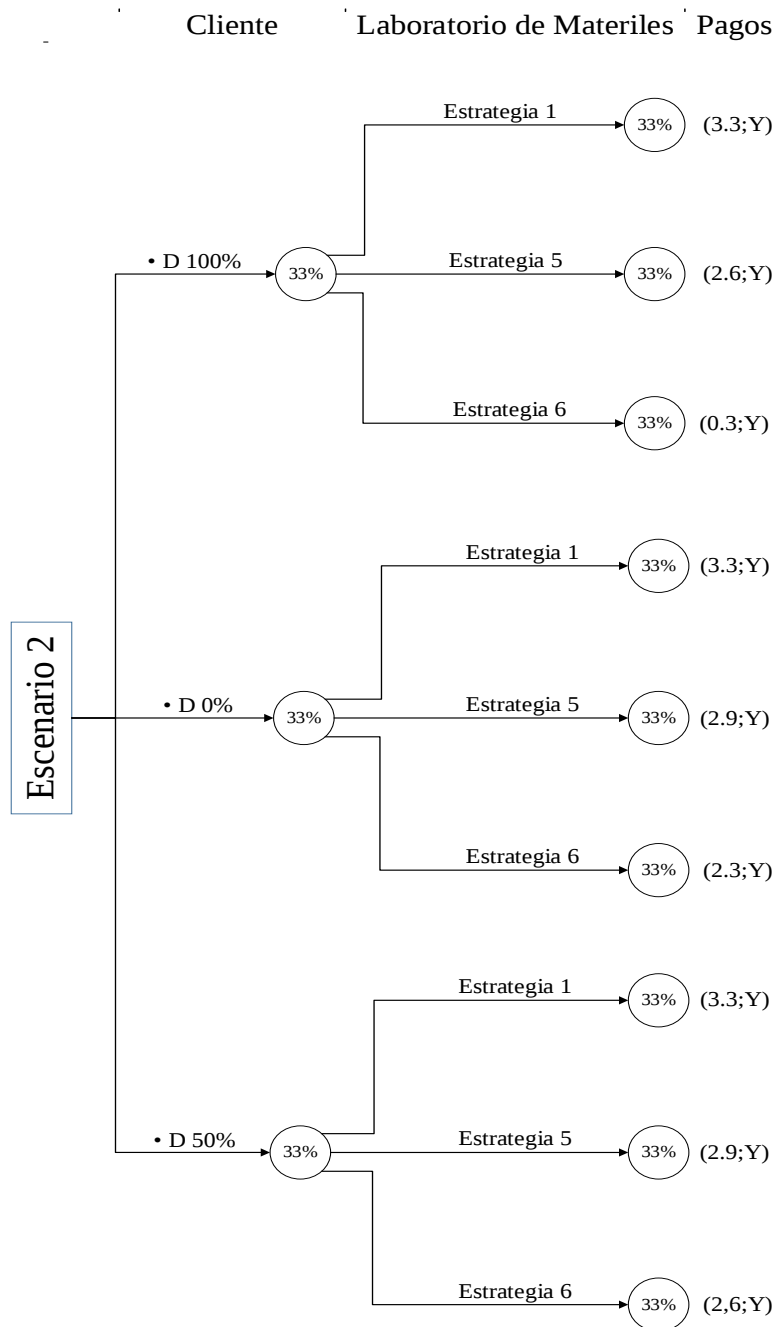


Diagrama 7 : Árbol de expansión del teorema de Bayes para el escenario 2

Fuente: Elaboración propia

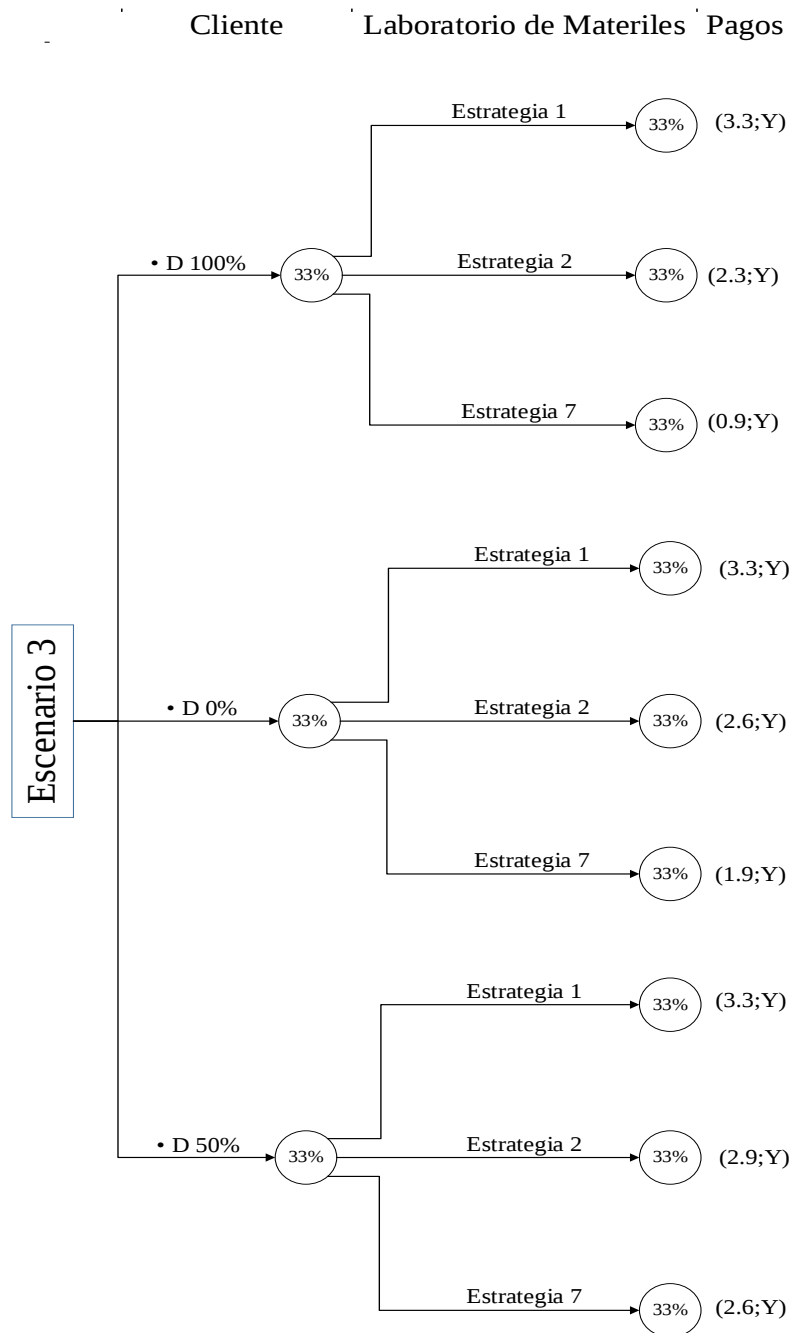


Diagrama 8 : Árbol de expansión del teorema de Bayes para el escenario 3

Fuente: Elaboración propia

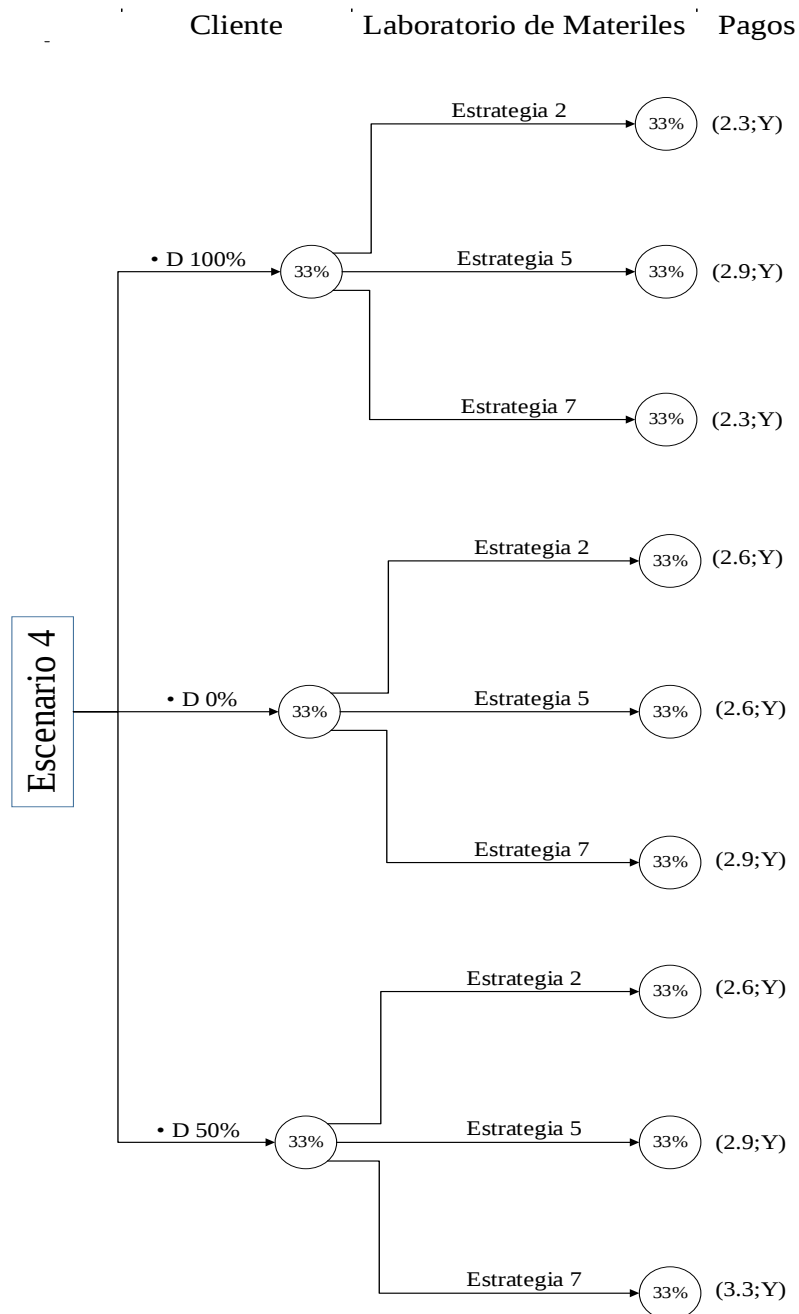


Diagrama 9: Árbol de expansión del teorema de Bayes para el escenario 4

Fuente: Elaboración propia

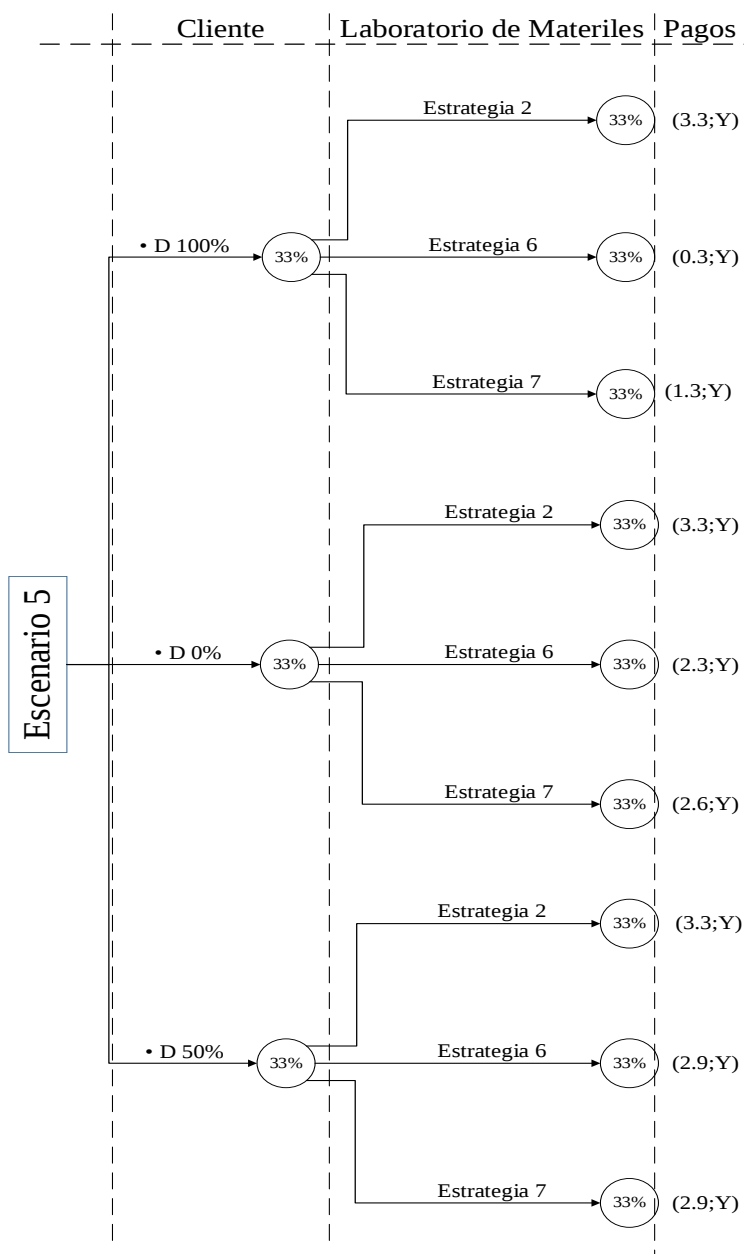


Diagrama 10: Árbol de expansión del teorema de Bayes para el escenario 5

Fuente: Elaboración propia

Las probabilidades de cada nodo se obtuvieron de la siguiente manera:

Para el caso del cliente, se toma de la teoría el hecho que un efecto latigazo es un fenómeno completamente aleatorio, y como se tienen 3 acciones que parten de este principio, la equiprobabilidad es la única manera de representar su probabilidad de ocurrencia.

Una vez dicho esto, el segundo jugador (Laboratorio) no tiene certeza de que jugada realizará el cliente, por lo que las probabilidades de ocurrencia de sus estrategias incurrir en el mismo efecto de aleatoriedad, el laboratorio no tiene manera de saber qué estrategia tomará hasta que el jugador #1 realice su jugada. Entonces, se representa esta aleatoriedad con la equiprobabilidad de las estrategias para cada escenario.

En los anteriores diagramas de árbol se representan los 5 escenarios escogidos para este trabajo, en los cuales el cliente (Jugador 1) posee tres estrategias, como son un aumento de la demanda en un 100%, una disminución del 50% y mantener la demanda que actualmente se presenta con una equiprobabilidad por estrategia de 33.33% para cada una, estas estrategias presentan un pago al ser cruzadas con las estrategias del (Jugador 2) lo que significa el beneficio final que obtendría el cliente en función de la acción que este tomo cruzada con la tomada por el (Jugador 2). Estos pagos fueron obtenidos al realizar una entrevista con el encargado del Laboratorio de la cual se llegó a la conclusión de los valores que tendrían los beneficios del cliente multiplicados por la probabilidad de ocurrencia de sus acciones, de acuerdo con los cruces de estrategias y donde cada uno de nosotros siendo conocedores del Laboratorio podría cotejar estos valores colocándose en el rol del cliente.

Como se sabe que el Laboratorio (Jugador 2) actúa en función de lo que haga el jugador 1, sus estrategias parten de las del Jugador 1 por lo que se observa una ramificación triple de cada estrategia antes mencionada.

El conjunto de estrategias correspondientes al Jugador #2 poseen una equiprobabilidad ya que su ocurrencia es completamente aleatoria entonces, las probabilidades asociadas son de 33,33%, lo que se ve representado al final de cada ramificación. En estos diagramas de árbol se observa el pago de los clientes acorde a cada rama del diagrama, la letra “Y”, representa los pagos correspondientes por estrategia del Laboratorio, estos pagos son el beneficio y la penitencia final que tendría la empresa en función de la estrategia que tome supeditada a la que tomo el cliente, los pagos serán obtenidos por la aplicación de la siguiente ecuación:

$$Pagos = P * (Beneficio - A.I - B.Ti - C.Tco - D.Co - E.Tc)$$

Siendo,

“I” la inversión asociada a la estrategia.

“Ti” el tiempo empleado en la instalación de maquinaria y equipos.

“Tco” el tiempo que se debe emplear es la búsqueda y contratación de personal nuevo.

“Co” el costo de oportunidad que se genera al dejar de aceptar clientes.

“Tc” el tiempo empleado en la capacitación del personal.

“P” probabilidad de ocurrencia de las estrategias.

A, B, C, D, y E son factores que se usan para dar más o menos peso en el resultado del pago, a estas variables según la consideración de los expertos. La suma de los valores correspondientes a estos 5 factores debe ser igual a uno (1).

Estos valores serán obtenidos por medio de la aplicación del método Delphi posteriormente. Es conveniente agregar que los impactos previamente mencionados no

se generan en todas las estrategias, entonces en aquellas en las que no estén presentes tendrán un valor de cero (0) dado que no serán tomados en cuenta.

Las estrategias del Jugador #2 que posee cada escenario fueron asignadas en función de la combinación de colores según cada variable, seleccionados por el método Delphi. Las estrategias deben atacar al escenario según sea su combinación de colores, siendo estas capaces de solventar al menos dos de los problemas presentes en cada escenario, colocando siempre una estrategia que pueda solucionar la disminución de la demanda en cada escenario.

Para facilitar la obtención y el cálculo de los pagos que se reflejan en el árbol, y debido a que tiene múltiples ramificaciones (estrategias), se procede a convertir la forma extensiva de la resolución en una matriz. Según Christian Julmi (2012), todo juego secuencial puede ser modelado como un juego simultáneo y todo subjuego de equilibrio perfecto (teorema de equilibrio perfecto bayesiano de Nash) puede ser representado como un equilibrio de Nash.

De manera que se muestra a continuación, las matrices que se le presentan a los expertos, en este caso al Ingeniero Henry Gasparin y el encargado del laboratorio, Ingeniero Guillermo Bonilla, para obtener los pagos correspondientes al laboratorio de materiales (empresa), con base al método Delphi.

					Laboratorio		
					E1	E3	E7
Escenario 1				Probabilidades	33%	33%	33%
Capacidad Instalada		Cliente	E1 • D 100%	33%			
Filosofía de Mantenimiento			E2 • D 0%	33%			
Curva de Aprendizaje			E3 • D 50%	33%			

				Laboratorio			
					E1	E5	E6
Escenario 2				Probabilidades	33%	33%	33%
Capacidad Instalada		Cliente	E1 • D 100%	33%			
Filosofía de Mantenimiento			E2 • D 0%	33%			
Curva de Aprendizaje			E3 • D 50%	33%			

				Laboratorio			
					E1	E2	E7
Escenario 3				Probabilidades	33%	33%	33%
Capacidad Instalada		Cliente	E1 • D 100%	33%			
Filosofia de Mantenimiento			E2 • D 0%	33%			
Curva de Aprendizaje			E3 • D 50%	33%			

					Laboratorio			
					E2	E4	E7	
Escenario 4					Probabilidades	33%	33%	33%
Capacidad Instalada		Cliente	E1 • D 100%	33%				
Filosofía de Mantenimiento			E2 • D 0%	33%				
Curva de Aprendizaje			E3 • D 50%	33%				

				Laboratorio			
				E2	E6	E7	
Escenario 5				Probabilidades	33%	33%	33%
Capacidad Instalada		Cliente	E1 • D 100%	33%			
Filosofía de Mantenimiento			E2 • D 0%	33%			
Curva de Aprendizaje			E3 • D 50%	33%			

Tabla 8: Cuestionario pagos de la empresa

Fuente: Elaboración propia

Cada celda es rellenada de la siguiente manera:

El experto debe proporcionar el beneficio que a su parecer obtendría la empresa, con el cruce de estrategias de la celda que corresponda, según esta escala:

Ponderación por Beneficios	
Maximo Beneficio	10
Minimo Beneficio	1

Tabla 9: Ponderación beneficio porestrategia

Fuente: Elaboración propia

Además, debe proporcionar la valoración negativa de cada cruce de estrategias según las siguientes variables, de notando también el factor de importancia que tendrán al momento del cálculo final del pago, de la siguiente manera:

Inversión (I)	
Factor de peso =	
Ponderación	Significado
1	Baja
3	Media
5	Alta

Costo de Oportunidad (Co)	
Factor de peso =	
Ponderación	Significado
1	Bajo
3	Medio
5	Alto

Tiempo de Instalación (Ti)	
Factor de peso =	
Ponderación	Significado
1	Corto
3	Medio
5	Largo

Tiempo de Capacitación (Tc)	
Factor de peso =	
Ponderación	Significado
1	Corto
3	Medio
5	Largo

Tiempo de Contratación (Tco)	
Factor de peso =	
Ponderación	Significado
1	Corto
3	Medio
5	Largo

Tabla 10: Ponderación factores de penalización

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidos todos los valores para cada una de las celdas, se aplica la fórmula de cálculo de pago previamente mencionada a cada una de ellas, para el llenado final de la matriz.

La matriz con los pagos del laboratorio para el experto Ingeniero Guillermo Bonilla fue la siguiente:

					Laboratorio		
					E1	E3	E7
Escenario 1				Probabilidades	33%	33%	33%
Capacidad Instalada		Cliente	E1 • D 100%	33%	1,58	1,19	2,21
Filosofia de Mantenimiento			E2 • D 0%	33%	0,59	-0,13	2,87
Curva de Aprendizaje			E3 • D 50%	33%	-0,73	-0,79	2,87

					Laboratorio		
					E1	E5	E6
Escenario 2				Probabilidades	33%	33%	33%
Capacidad Instalada		Cliente	E1 • D 100%	33%	1,58	1,19	0,17
Filosofia de Mantenimiento			E2 • D 0%	33%	1,25	0,53	0,13
Curva de Aprendizaje			E3 • D 50%	33%	-0,73	-0,66	1,82

					Laboratorio		
					E1	E2	E7
Escenario 3				Probabilidades	33%	33%	33%
Capacidad Instalada		Cliente	E1 • D 100%	33%	1,58	0,33	1,88
Filosofia de Mantenimiento			E2 • D 0%	33%	0,92	0,33	1,88
Curva de Aprendizaje			E3 • D 50%	33%	-0,73	-1,65	2,87

					Laboratorio		
					E2	E4	E7
Escenario 4				Probabilidades	33%	33%	33%
Capacidad Instalada		Cliente	E1 • D 100%	33%	0,66	1,29	2,21
Filosofia de Mantenimiento			E2 • D 0%	33%	-0,33	1,29	2,21
Curva de Aprendizaje			E3 • D 50%	33%	-1,65	-0,36	2,87

					Laboratorio		
					E2	E6	E7
Escenario 5				Probabilidades	33%	33%	33%
Capacidad Instalada		Cliente	E1 • D 100%	33%	0,33	1,16	2,21
Filosofia de Mantenimiento			E2 • D 0%	33%	-0,99	2,48	2,54
Curva de Aprendizaje			E3 • D 50%	33%	-1,65	3,14	2,87

Tabla 11: Resultados cuestionario de pagos de la empresa (experto #1)

Fuente: Elaboración propia.

Para los detalles de estos resultados ver anexo #4

Y la misma matriz para el experto Ingeniero Henry Gasparin es:

				Laboratorio			
				E1	E3	E7	
Escenario 1		Cliente	Probabilidades		33%	33%	33%
Capacidad Instalada			E1 • D 100%	33%	6,35	3,10	-1,60
Filosofia de Mantenimiento			E2 • D 0%	33%	1,35	-2,90	7,40
Curva de Aprendizaje			E3 • D 50%	33%	-2,65	-2,90	3,40

				Laboratorio			
				E1	E5	E6	
Escenario 2		Cliente	Probabilidades	33%	33%	33%	
Capacidad Instalada			E1 • D 100%	33%	6,35	2,40	0,50
Filosofia de Mantenimiento			E2 • D 0%	33%	2,35	2,40	0,50
Curva de Aprendizaje			E3 • D 50%	33%	-2,65	-1,60	2,50

				Laboratorio			
					E1	E2	E7
Escenario 3				Probabilidades	33%	33%	33%
Capacidad Instalada		Cliente	E1 • D 100%	33%	6,35	4,25	-1,60
Filosofia de Mantenimiento			E2 • D 0%	33%	4,35	3,25	4,40
Curva de Aprendizaje			E3 • D 50%	33%	-2,65	-2,75	4,40

					Laboratorio		
					E2	E4	E7
Escenario 4			Probabilidades		33%	33%	33%
Capacidad Instalada		Cliente	E1 • D 100%	33%	4,25	4,50	-1,60
Filosofia de Mantenimiento			E2 • D 0%	33%	1,25	7,50	7,40
Curva de Aprendizaje			E3 • D 50%	33%	-2,75	0,50	1,40

				Laboratorio			
				E2	E6	E7	
Escenario 5		Cliente	Probabilidades		33%	33%	33%
Capacidad Instalada			E1 • D 100%	33%	1,25	0,50	2,40
Filosofia de Mantenimiento			E2 • D 0%	33%	-2,75	0,50	6,40
Curva de Aprendizaje			E3 • D 50%	33%	-2,75	1,50	7,40

Tabla 12: Resultados cuestionario de pagos de la empresa (experto #2)

Fuente: Elaboración propia

Para los detalles de estos resultados ver anexo #5

Para obtener una matriz unificada donde se contemplen los valores obtenidos a través de ambos expertos, se decidió crear una matriz donde cada valor del pago de la empresa proviene de un promedio simple de los beneficios y las penalizaciones o penitencias que ellos ofrecieron.

$$\begin{aligned} \text{Pago} = & \text{promedio}(\text{Beneficios experto \#1}; \text{Beneficios experto \#2}) \\ & - \text{promedio}(\text{penalización experto \#1}; \text{penalización experto \#2}) \end{aligned}$$

Como producto, a continuación, se muestran las matrices finales que contienen los pagos de la empresa promediados y los pagos correspondientes al cliente que fueron previamente justificados:

				Laboratorio		
				E1	E3	E7
Escenario 1			Probabilidades	33,33%	33,33%	33,33%
Capacidad Instalada		Cliente	E1 • D 100%	33,33%	(3,3;1,84)	(2,9;1,11)
Filosofía de Mantenimiento			E2 • D 0%	33,33%	(3,3;0,52)	(2,6;-0,71)
Curva de Aprendizaje			E3 • D 50%	33,33%	(3,3;-0,8)	(3,3;-0,87)

				Laboratorio		
				E1	E5	E6
Escenario 2			Probabilidades	33,33%	33,33%	33,33%
Capacidad Instalada		Cliente	E1 • D 100%	33,33%	(3,3;1,84)	(2,6;0,99)
Filosofía de Mantenimiento			E2 • D 0%	33,33%	(3,3;0,68)	(2,9;0,66)
Curva de Aprendizaje			E3 • D 50%	33,33%	(3,3;-0,8)	(2,9;-0,66)

				Laboratorio		
				E1	E2	E7
Escenario 3			Probabilidades	33,33%	33,33%	33,33%
Capacidad Instalada		Cliente	E1 • D 100%	33,33%	(3,3;1,84)	(2,3;1,69)
Filosofía de Mantenimiento			E2 • D 0%	33,33%	(3,3;1,35)	(2,6;1,19)
Curva de Aprendizaje			E3 • D 50%	33,33%	(3,3;-0,8)	(2,9;-0,95)

				Laboratorio		
				E2	E4	E7
Escenario 4			Probabilidades	33,33%	33,33%	33%
Capacidad Instalada		Cliente	E1 • D 100%	33,33%	(2,3;1,69)	(2,9;1,98)
Filosofía de Mantenimiento			E2 • D 0%	33,33%	(2,6;0,70)	(2,6;2,18)
Curva de Aprendizaje			E3 • D 50%	33,33%	(2,6;-0,95)	(2,9;0,19)

				Laboratorio		
				E2	E6	E7
Escenario 5			Probabilidades	33,33%	33,33%	33,33%
Capacidad Instalada		Cliente	E1 • D 100%	33,33%	(3,3;1,19)	(0,3;0,17)
Filosofía de Mantenimiento			E2 • D 0%	33,33%	(3,3;-0,62)	(2,3;0,33)
Curva de Aprendizaje			E3 • D 50%	33,33%	(3,3;-0,95)	(2,9;0,49)

Tabla 13: Matriz final de pagos

Fuente: Elaboración propia

IV.5 Conjunto de estrategias que amortiguan el efecto látigo

El último paso que contempla la teoría de juegos consiste en la búsqueda del equilibrio para cada matriz y escenario.

Cada acción que pueda tomar el cliente se evaluará individualmente bajo la condición de que es una estrategia dominante sobre las otras, y luego se cruzará con la estrategia del laboratorio (empresa) que genere el máximo beneficio para ambas entidades, el par de pagos que se obtengan de este cruce, se le denomina equilibrio; si no se puede encontrar un equilibrio se debe a que las estrategias seleccionadas para el escenario que corresponda, a opinión de los expertos, no permiten que se genere un cruce con el máximo de beneficios para el cliente y la empresa, y además siempre se debe tener en cuenta que los pagos obtenidos a través del método Delphi pueden generar valores que no concuerden con la realidad.

Dicho esto, se muestra a continuación el conjunto de matrices con los equilibrios encontrados:

				Laboratorio		
				E1	E3	E7
Escenario 1				Probabilidades	33,33%	33,33%
Capacidad Instalada	Red	Cliente	E1 • D 100%	33,33%	(3,3;1,84)	(2,9;1,11)
Filosofía de Mantenimiento	Yellow		E2 • D 0%	33,33%	(3,3;0,52)	(2,6;-0,71)
Curva de Aprendizaje	Green		E3 • D 50%	33,33%	(3,3;-0,8)	(3,3;-0,87)

				Laboratorio		
				E1	E5	E6
Escenario 2				Probabilidades	33,33%	33,33%
Capacidad Instalada	Red	Cliente	E1 • D 100%	33,33%	(3,3;1,84)	(2,6;0,99)
Filosofía de Mantenimiento	Yellow		E2 • D 0%	33,33%	(3,3;0,68)	(2,9;0,66)
Curva de Aprendizaje	Yellow		E3 • D 50%	33,33%	(3,3;-0,8)	(2,9;-0,66)

				Laboratorio		
				E1	E2	E7
Escenario 3				Probabilidades	33,33%	33,33%
Capacidad Instalada	Red	Cliente	E1 • D 100%	33,33%	(3,3;1,84)	(2,3;1,69)
Filosofía de Mantenimiento	Red		E2 • D 0%	33,33%	(3,3;1,35)	(2,6;1,19)
Curva de Aprendizaje	Green		E3 • D 50%	33,33%	(3,3;-0,8)	(2,9;-0,95)

				Laboratorio		
				E2	E4	E7
Escenario 4				Probabilidades	33,33%	33%
Capacidad Instalada	Red	Cliente	E1 • D 100%	33,33%	(2,3;1,69)	(2,9;1,98)
Filosofía de Mantenimiento	Red		E2 • D 0%	33,33%	(2,6;0,70)	(2,6;2,18)
Curva de Aprendizaje	Yellow		E3 • D 50%	33,33%	(2,6;-0,95)	(2,9;0,19)

				Laboratorio		
				E2	E6	E7
Escenario 5				Probabilidades	33,33%	33,33%
Capacidad Instalada	Yellow	Cliente	E1 • D 100%	33,33%	(3,3;1,19)	(0,3;0,17)
Filosofía de Mantenimiento	Red		E2 • D 0%	33,33%	(3,3;-0,62)	(2,3;0,33)
Curva de Aprendizaje	Green		E3 • D 50%	33,33%	(3,3;-0,95)	(2,9;0,49)

Tabla 14: Matriz final de pagos con equilibrios

Fuente: Elaboración propia

La finalidad de encontrar estos equilibrios, es generar un manual de acciones para la empresa para que pueda guiarse en caso de que se le presente una situación o escenario que haya sido analizado en este estudio, y pueda tomar decisiones correctas que resulten como ya se mencionó en el máximo beneficio para todos los involucrados, sin necesidad de realizar el estudio completo.

		Acciones		
Escenario 1		Cliente	Laboratorio	Pago Generado
Capacidad Instalada		• D 100%	E1	(3,3;1,84)
Filosofía de Mantenimiento		• D 0%	-	-
Curva de Aprendizaje		• D 50%	E7	(3,3;1,34)

		Acciones		
Escenario 2		Cliente	Laboratorio	Pago Generado
Capacidad Instalada		• D 100%	E1	(3,3;1,84)
Filosofía de Mantenimiento		• D 0%	E1	(3,3;0,68)
Curva de Aprendizaje		• D 50%	E6	(2,6;0,83)

		Acciones		
Escenario 3		Cliente	Laboratorio	Pago Generado
Capacidad Instalada		• D 100%	E1	(3,3;1,84)
Filosofía de Mantenimiento		• D 0%	E1	(3,3;1,35)
Curva de Aprendizaje		• D 50%	E7	(2,6;1,83)

		Acciones		
Escenario 4		Cliente	Laboratorio	Pago Generado
Capacidad Instalada		• D 100%	E4	(2,9;1,98)
Filosofía de Mantenimiento		• D 0%	-	-
Curva de Aprendizaje		• D 50%	E7	(3,3;0,84)

		Acciones		
Escenario 5		Cliente	Laboratorio	Pago Generado
Capacidad Instalada		• D 100%	E2	(3,3;1,19)
Filosofía de Mantenimiento		• D 0%	-	-
Curva de Aprendizaje		• D 50%	E7	(2,9;2,49)

Tabla 15: Cuadro resumen de estrategias encontradas en equilibrio

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se presentan las estrategias resultantes para cada acción del cliente en función del escenario, esta tabla tiene la función de presentar de forma ordenada y directa cual es la mejor acción que debe tomar el Laboratorio en función de cómo se encuentren las variables y de lo que el cliente decida hacer. De esta forma el Laboratorio podrá tomar una decisión de forma más eficaz basada en estudios que garanticen un mayor beneficio al Laboratorio. Estas estrategias traen consigo un impacto frente al Laboratorio.

Estrategia	Impacto
Estrategia 1 (E1): Adquirir cuatro tanques de curado para sostener el aumento de la demanda y generando una política de mantenimiento preventiva y correctiva para la máquina de compresión para que la misma logre soportar este aumento de ensayo de compresión contemplando que: • En caso que no se tenga personal disponible, contratar los empleados necesarios preferiblemente ya capacitados para la realización del mantenimiento. • En el caso que el personal esté disponible realizar una capacitación intensiva que asegure el mejoramiento de sus	Esta estrategia trae consigo una inversión importante la cual es la adquisición de cuatro tanques de curado para así aumentar la capacidad instalada asegurando cubrir el aumento brusco de clientes, satisfaciendo la demanda y trayendo ingresos al laboratorio, esta inversión al ser significativa y ya que el laboratorio no cuenta con abundantes recursos monetarios, es complicada de implementar. A su vez el mejoramiento de la filosofía de mantenimiento dedicando tiempo para capacitar al personal ya disponible o para contratar personal ya capacitado en el mantenimiento de la máquina de compresión, esto trae como consecuencia que la máquina se encuentre en un estado

habilidades y fomenta una cultura de mantenimiento adecuada.	apto para realizar los ensayos disminuyendo la generación de retrasos en la cadena y asegurando que la demanda será satisfecha.
--	---

Estrategia	Impacto
Estrategia 2 (E2): Evaluar la Factibilidad de adquirir cuatro tanques de curado más, para así poder contener el aumento del 100% de la demanda y una máquina nueva para los ensayos de compresión.	Adquirir estos cuatro tanques de curado asegura la satisfacción de los clientes al cubrir el aumento de la demanda, brindándole al laboratorio un ingreso económico; el poder comprar una máquina de compresión nueva reduciría casi a la mitad los tiempos de mantenimiento ya que los ensayos serían repartidos ahora entre dos máquinas, esto aseguraría al laboratorio disponer de su personal para otras actividades y eliminaría los retrasos que se generan al realizar los ensayos por problemas de la máquina de compresión. Sin embargo, esto genera una inversión con la que el laboratorio en la actualidad no puede lidiar sin la búsqueda de apoyo externo. Haciendo que esta estrategia aun siendo beneficiosa para el laboratorio también sea complicada de realizar.

Estrategia	Impacto
Estrategia 4 (E4): Se decide trabajar medio día los sábados, para así poder realizar más ensayos de compresión, haciéndole un mantenimiento intensivo semanal a la máquina para evitar que la misma se sobre-fatigue, asegurando así no sufrir retrasos en los ensayos por imprevistos en la semana.	Al trabajar medio día los sábados se aligera la carga semanal que tendría la máquina de compresión evitando que se fatigue, dando así seguridad al proceso de ensayo evitando retrasos, aunado a esto, el poder trabajar los sábados permite al personal encargado de mantenimiento realizar el mantenimiento en la semana, asegurando así que la máquina reduzca considerablemente los retrasos dentro del proceso de ensayos. Esta estrategia, aunque no incurre en altos costos, no asegura poder contener el 100% del aumento de la demanda, sin embargo, si logra soportar un incremento de clientes.

Estrategia	Impacto
Estrategia 6 (E6): Se disponen los tanques que no estén siendo ocupados para que sean utilizados por los estudiantes y tesisistas del	Al disponer los tanques, se permite fomentar una cultura trabajadora en los estudiantes y tesisistas presentes en el laboratorio ya que tienen su espacio de trabajo seguro, sin embargo esto perjudicaría al laboratorio ya que al llegar un cliente podría

laboratorio, y se les asignan diferentes actividades a los trabajadores, manteniendo un mantenimiento continuo a la máquina de compresión.	ocurrir que el laboratorio no tenga disponibilidad de atenderle causando una pérdida de clientes, junto a esto el mantenimiento constante que se le realizaría a la máquina y la disminución en su utilización garantiza que la misma se mantenga en un mejor estado cada que se le requiera.
--	---

Estrategia	Impacto
Estrategia 7 (E7): Se mantiene la capacidad instalada actual, realizando un mantenimiento preventivo e intensivo a la máquina de compresión para que la misma no sufra fallas en el proceso de ensayos, decidiendo solo aceptar a la máxima cantidad de clientes que las instalaciones soporten actualmente.	Esta estrategia evita grandes inversiones para el laboratorio y un aprovechamiento máximo de sus recursos actuales, aceptando hasta lo que su capacidad instalada permita lo que sería 12 clientes (720 cilindros), e invirtiendo tiempo y dinero en el mantenimiento intensivo a la máquina de compresión para que logre soportar el aumento de ensayos. Esto trae como consecuencia una pérdida de clientes al laboratorio para la realización de los ensayos, generando un costo de oportunidad, dejando de adquirir ganancias que generarían estos clientes. El ahorro generado por la falta de inversión en equipo y maquinaria se ve afectado por el costo de oportunidad generado por la estrategia.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V.1 Conclusiones.

Como aporte final del Trabajo Especial de Grado, se presentarán las conclusiones y recomendaciones, con el fin de sintetizar los resultados obtenidos, y de proponer medidas orientadas a darle continuidad al proyecto

El objetivo general de este trabajo es, Diseñar un sistema de toma de decisiones que amortigüe el impacto de un efecto látigazo, en la cadena de suministro del laboratorio de materiales que presta servicio de ensayos en materiales de construcción, para lograr esto, se propuso mediante el uso de principios de teoría de juegos, una metodología que tiene como finalidad arrojar estrategias adecuadas a un conjunto de escenarios definidos por ciertas variables que previamente fueron debidamente seleccionadas de la metodología Ven-ProBE.

Como parte de los objetivos específicos, se lograron caracterizar todos los procesos de la cadena de suministro asociada a la práctica de ensayos a cilindros de concreto, a través de flujogramas de operaciones que contemplan dichos procesos, permitiendo dar una primera impresión sobre el estado de las variables que se estudiarían.

Se logró identificar las variables influyentes en la cadena a través de un análisis de sensibilidad a todas las variables contempladas en la metodología Ven-ProBE, seleccionadas mediante justificaciones tanto cualitativas como cuantitativas con base a la situación actual de la empresa.

A lo largo de este trabajo se evidencia como se diseñó paso a paso un modelo representativo de la cadena de suministros del laboratorio de materiales frente a condiciones de efecto látigazo.

Gracias a la aplicación de la teoría de juegos a los distintos escenarios que consideran las variables en presencia del efecto látigazo, se obtuvo un conjunto de

estrategias que debe llevar a cabo la empresa que le garantiza el amortiguamiento del fenómeno del latigazo

Bajo un análisis cualitativo se valoró el impacto de las estrategias de las estrategias resultantes, siempre bajo el supuesto de que este estudio no abarca el impacto cuantitativo que puedan tener la implementación de estas estrategias.

En último lugar se debe mencionar que la finalidad de este estudio es verificar el funcionamiento de la metodología planteada, los datos utilizados y estrategias suministradas al modelo de juego pueden ser alteradas en función de la necesidad que el usuario requiera para la utilización de esta metodología y así estudiar su cadena de suministro ante condiciones de efecto latigazo. Esto implica que se pueden modificar tanto las variables como los escenarios según sea el caso a estudiar, contando con la seguridad de que la metodología brindará las estrategias adecuadas para el actuar frente al fenómeno del latigazo.

V.2 Recomendaciones.

- Para la selección de las variables provenientes de la metodología Ven-ProBE es recomendable familiarizarse muy bien con el ámbito del ente al cual se le realizara el estudio ya que estas variables pueden ser distintas entre diferentes empresas o en este caso Laboratorio, tomando en cuenta que el estado de las variables no necesariamente se mantendrá a través del tiempo, es bueno siempre medirlas para asegurar el conocimiento de su influencia que estas tienen dentro de la cadena de suministros.
- Para la selección de escenarios es bueno tener en cuenta todas las posibles variantes del mismo, a efectos de este trabajo fueron tomados los cinco escenarios con mayor relevancia para el Laboratorio, sin embargo, estos escenarios pueden cambiar en función de los intereses a quien se le realice el

estudio, siendo esto una metodología, está abierta a cualquier tipo de escenario que se desee estudiar.

La selección de estos escenarios se realizó por la utilización del método Delphi a tres expertos pertenecientes y conocedores del Laboratorio de Materiales, más se aconseja aumentar el número de personas para tener mayor exactitud en los datos; si al realizar el Delphi se tiene una gran dispersión de datos entre las opiniones de cada experto es ideal pasar a una segunda ronda de cuestionarios y así sucesivamente hasta que la dispersión generada deje de ser significativa.

- Al seleccionar las estrategias se toma en cuenta todas las posibles acciones que le conviene tomar al Laboratorio a la hora de un aumento o disminución de la demanda tomando en cuenta las variables ya seleccionadas, para luego evaluarlas en función de que tan útiles pueden ser según cada escenario, vale notar que no necesariamente todas las estrategias resultan ganadoras a la hora de realizar el juego.
- Para encontrar los beneficios y las penalizaciones para cada estrategia se aplica el método Delphi, aplicando el mismo principio que se aplicó al realizar el de los escenarios, estos valores permiten obtener los pagos finales de cada estrategia del Jugador #2 (Laboratorio de Materiales) en función de las acciones del Jugador #1 (Cliente), a partir de estas es que se puede proceder a realizar el juego. En el caso de que la empresa o en este caso el laboratorio tenga información precisa para los beneficios sería ideal utilizarlos a la hora de obtener los pagos.
- Las probabilidades de ocurrencia de las estrategias tanto del cliente como del laboratorio son colocadas con equiprobabilidad ya que no se tiene información sustancial que pueda inclinar la probabilidad de ocurrencia de alguna estrategia, sin embargo, en el caso que se posea alguna información estadística o histórica

que pueda inclinar las probabilidades a una de las estrategias es pertinente usarla para que el estudio sea más exacto.

- Siendo esta una metodología, es de gran importancia mencionar que los valores obtenidos para la realización del juego no necesariamente son exactos, estos valores surgen de opiniones de expertos basándose en su experiencia dentro del laboratorio, sin embargo esto no representa algún problema ya que este trabajo se enfoca en mostrar la funcionalidad y efectividad de una metodología que permita la toma de decisiones para amortiguar el impacto generado por un efecto latigazo en una cadenas de suministros. Si el Laboratorio desea evaluar otras estrategias o afinar los valores necesarios para realizar el juego lo pueden hacer ya que la metodología de realización ya se encuentra plasmada y detallada para su utilización.
- Se debe tomar en cuenta que los datos tomados de la demanda proporcionados por el Laboratorio corresponden al año 2.014, y la opinión dada por los expertos, la evaluación y caracterización de la cadena de suministros también corresponden a ese año 2.014, esto es debido a que los datos del año 2.016 además de ser insuficientes, cuentan con una baja concentración de clientes que no representan una demanda significativa como para tomar en cuenta este año para la realización del trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Arias, F. (2007). El proyecto de investigación.
- González, M., & Otero, I. (2007). Curso básico de Teoría de Juegos. Caracas: Ediciones IESA
- Iturbe-Ormaeche, I. (2008-09). Juegos con información incompleta.
- Microeconomía Avanzada II. Alicante: Universidad de Alicante. Julmi, C. (2012). Introduction to Game Theory.
- Lee, K., & Ritzman, L. (2000). Administración de Operaciones, Estrategia y análisis
- Camacho, F. (2010). CAPACIDAD INSTALADA: Una evaluación al Sector Manufacturero Ecuatoriano.

ANEXO N° 1

Resultados cuestionario de pagos de la empresa (Experto 1)

		Ponderación escenario 1		Ponderación escenario 7
Escenario 1		12	Escenario 7	9
Capacidad Instalada			Capacidad Instalada	
Filosofia de Mantenimiento			Filosofia de Mantenimiento	
Curva de Aprendizaje			Curva de Aprendizaje	
		Ponderación escenario 2		Ponderación escenario 8
Escenario 2		11	Escenario 8	7
Capacidad Instalada			Capacidad Instalada	
Filosofia de Mantenimiento			Filosofia de Mantenimiento	
Curva de Aprendizaje			Curva de Aprendizaje	
		Ponderación escenario 3		Ponderación escenario 9
Escenario 3		6	Escenario 9	2
Capacidad Instalada			Capacidad Instalada	
Filosofia de Mantenimiento			Filosofia de Mantenimiento	
Curva de Aprendizaje			Curva de Aprendizaje	
		Ponderación escenario 4		Ponderación escenario 10
Escenario 4		8	Escenario 10	4
Capacidad Instalada			Capacidad Instalada	
Filosofia de Mantenimiento			Filosofia de Mantenimiento	
Curva de Aprendizaje			Curva de Aprendizaje	
		Ponderación escenario 5		Ponderación escenario 11
Escenario 5		10	Escenario 10	1
Capacidad Instalada			Capacidad Instalada	
Filosofia de Mantenimiento			Filosofia de Mantenimiento	
Curva de Aprendizaje			Curva de Aprendizaje	
		Ponderación escenario 6		Ponderación escenario 12
Escenario 6		5	Escenario 12	3
Capacidad Instalada			Capacidad Instalada	
Filosofia de Mantenimiento			Filosofia de Mantenimiento	
Curva de Aprendizaje			Curva de Aprendizaje	

ANEXO N° 2

Resultados cuestionario de pagos de la empresa (Experto 2)

		Ponderación escenario 1		Ponderación escenario 7
Escenario 1			Escenario 7	
Capacidad Instalada			Capacidad Instalada	
Filosofia de Mantenimiento			Filosofia de Mantenimiento	
Curva de Aprendizaje		9	Curva de Aprendizaje	
		Ponderación escenario 2		Ponderación escenario 8
Escenario 2			Escenario 8	
Capacidad Instalada			Capacidad Instalada	
Filosofia de Mantenimiento			Filosofia de Mantenimiento	
Curva de Aprendizaje		8	Curva de Aprendizaje	
		Ponderación escenario 3		Ponderación escenario 9
Escenario 3			Escenario 9	
Capacidad Instalada			Capacidad Instalada	
Filosofia de Mantenimiento			Filosofia de Mantenimiento	
Curva de Aprendizaje		5	Curva de Aprendizaje	
		Ponderación escenario 4		Ponderación escenario 10
Escenario 4			Escenario 10	
Capacidad Instalada			Capacidad Instalada	
Filosofia de Mantenimiento			Filosofia de Mantenimiento	
Curva de Aprendizaje		11	Curva de Aprendizaje	
		Ponderación escenario 5		Ponderación escenario 11
Escenario 5			Escenario 10	
Capacidad Instalada			Capacidad Instalada	
Filosofia de Mantenimiento			Filosofia de Mantenimiento	
Curva de Aprendizaje		12	Curva de Aprendizaje	
		Ponderación escenario 6		Ponderación escenario 12
Escenario 6			Escenario 12	
Capacidad Instalada			Capacidad Instalada	
Filosofia de Mantenimiento			Filosofia de Mantenimiento	
Curva de Aprendizaje		6	Curva de Aprendizaje	

ANEXO N° 3

Resultados cuestionario de pagos de la empresa (Experto 3)

		Ponderación escenario 1		Ponderación escenario 7
Escenario 1		10	Escenario 7	9
Capacidad Instalada			Capacidad Instalada	
Filosofia de Mantenimiento			Filosofia de Mantenimiento	
Curva de Aprendizaje			Curva de Aprendizaje	
		Ponderación escenario 2		Ponderación escenario 8
Escenario 2		8	Escenario 8	7
Capacidad Instalada			Capacidad Instalada	
Filosofia de Mantenimiento			Filosofia de Mantenimiento	
Curva de Aprendizaje			Curva de Aprendizaje	
		Ponderación escenario 3		Ponderación escenario 9
Escenario 3		6	Escenario 9	2
Capacidad Instalada			Capacidad Instalada	
Filosofia de Mantenimiento			Filosofia de Mantenimiento	
Curva de Aprendizaje			Curva de Aprendizaje	
		Ponderación escenario 4		Ponderación escenario 10
Escenario 4		11	Escenario 10	4
Capacidad Instalada			Capacidad Instalada	
Filosofia de Mantenimiento			Filosofia de Mantenimiento	
Curva de Aprendizaje			Curva de Aprendizaje	
		Ponderación escenario 5		Ponderación escenario 11
Escenario 5		12	Escenario 10	1
Capacidad Instalada			Capacidad Instalada	
Filosofia de Mantenimiento			Filosofia de Mantenimiento	
Curva de Aprendizaje			Curva de Aprendizaje	
		Ponderación escenario 6		Ponderación escenario 12
Escenario 6		5	Escenario 12	3
Capacidad Instalada			Capacidad Instalada	
Filosofia de Mantenimiento			Filosofia de Mantenimiento	
Curva de Aprendizaje			Curva de Aprendizaje	

ANEXO N° 4

Cálculo de pagos para la matriz de juego (Experto 1)

				Laboratorio			
				E1	E3	E7	
Escenario 1				Probabilidades	33,33%	33,33%	33,33%
Capacidad Instalada		Cliente	E1 ΔD 100%	33,33%	$0,33*(10-(0,70*5+0,5*3))$	$0,33*(7-(0,7*5+0,05*3+0,05*3+0,1*1))$	$0,33*(1-(0,7*3+0,1*5))$
Filosofia de Mantenimiento			E2 ΔD 0%	33,33%	$0,33*(5-(0,70*5+0,5*3))$	$0,33*(1-(0,7*5+0,05*3+0,05*3+0,1*1))$	$0,33*(10-(0,7*3+0,1*5))$
Curva de Aprendizaje			E3 ΔD 50%	33,33%	$0,33*(1-(0,70*5+0,5*3))$	$0,33*(1-(0,7*5+0,05*3+0,05*3+0,1*1))$	$0,33*(6-(0,7*3+0,1*5))$

				Laboratorio			
				E1	E5	E6	
Escenario 2				Probabilidades	33,33%	33,33%	
Capacidad Instalada		Cliente	E1 ΔD 100%	33,33%	$0,33*(10-(0,70*5+0,5*3))$	$0,33*(5-(0,7*3+0,05*3+0,05*1+0,1*3))$	$0,33*(1-(0,1*5))$
Filosofia de Mantenimiento			E2 ΔD 0%	33,33%	$0,33*(6-(0,70*5+0,5*3))$	$0,33*(5-(0,7*3+0,05*3+0,05*1+0,1*3))$	$0,33*(1-(0,1*5))$
Curva de Aprendizaje			E3 ΔD 50%	33,33%	$0,33*(1-(0,70*5+0,5*3))$	$0,33*(1-(0,7*3+0,05*3+0,05*1+0,1*3))$	$0,33*(3-(0,1*5))$

				Laboratorio			
				E1	E2	E7	
Escenario 3				Probabilidades	33,33%	33,33%	33,33%
Capacidad Instalada		Cliente	E1 ΔD 100%	33,33%	$0,33*(10-(0,70*5+0,5*3))$	$0,33*(8-(0,7*5+0,05*5))$	$0,33*(1-(0,7*3+0,1*5))$
Filosofia de Mantenimiento			E2 ΔD 0%	33,33%	$0,33*(8-(0,70*5+0,5*3))$	$0,33*(7-(0,7*5+0,05*5))$	$0,33*(7-(0,7*3+0,1*5))$
Curva de Aprendizaje			E3 ΔD 50%	33,33%	$0,33*(1-(0,70*5+0,5*3))$	$0,33*(1-(0,7*5+0,05*5))$	$0,33*(7-(0,7*3+0,1*5))$

				Laboratorio			
				E2	E4	E7	
Escenario 4				Probabilidades	33,33%	33,33%	33%
Capacidad Instalada		Cliente	E1 ΔD 100%	33,33%	$0,33*(8-(0,7*5+0,05*5))$	$0,33*(5-(0,1*5))$	$0,33*(1-(07*3+0,1*5))$
Filosofia de Mantenimiento			E2 ΔD 0%	33,33%	$0,33*(5-(0,7*5+0,05*5))$	$0,33*(8-(0,1*5))$	$0,33*(10-(07*3+0,1*5))$
Curva de Aprendizaje			E3 ΔD 50%	33,33%	$0,33*(1-(0,7*5+0,05*5))$	$0,33*(1-(0,1*5))$	$0,33*(4-(07*3+0,1*5))$

				Laboratorio			
				E2	E6	E7	
Escenario 5				Probabilidades	33,33%	33,33%	33,33%
Capacidad Instalada		Cliente	E1 ΔD 100%	33,33%	0,33*(5-(0,7*5+0,05*5))	0,33*(1-(0,1*5))	0,33*(5-(07*3+0,1*5))
Filosofia de Mantenimiento			E2 ΔD 0%	33,33%	0,33*(1-(0,7*5+0,05*5))	0,33*(1-(0,1*5))	0,33*(9-(07*3+0,1*5))
Curva de Aprendizaje			E3 ΔD 50%	33,33%	0,33*(1-(0,7*5+0,05*5))	0,33*(2-(0,1*5))	0,33*(10-(07*3+0,1*5))

ANEXO N° 5

Cálculo de pagos para la matriz de juego (Experto 2)

				Laboratorio			
				E1	E3	E7	
Escenario 1				Probabilidades	33,33%	33,33%	33,33%
Capacidad Instalada		Cliente	E1 ΔD 100%	33,33%	$0,33*(8-(0,6*5+0,2*1))$	$0,33*(7-(0,6*5+0,2*1+0,05*1+0,05*3))$	$0,33*(3-(0,6*3+0,1*5))$
Filosofia de Mantenimiento			E2 ΔD 0%	33,33%	$0,33*(5-(0,6*5+0,2*1))$	$0,33*(2-(0,6*5+0,2*1+0,05*1+0,05*3))$	$0,33*(10-(0,6*3+0,1*5))$
Curva de Aprendizaje			E3 ΔD 50%	33,33%	$0,33*(1-(0,6*5+0,2*1))$	$0,33*(1-(0,6*5+0,2*1+0,05*1+0,05*3))$	$0,33*(7-(0,6*3+0,1*5))$

				Laboratorio			
				E1	E5	E6	
Escenario 2				Probabilidades	33,33%	33,33%	33,33%
Capacidad Instalada		Cliente	E1 ΔD 100%	33,33%	$0,33*(8-(0,6*5+0,2*1))$	$0,33*(7-(0,6*5+0,2*1+0,05*1+0,05*3))$	$0,33*(1-(0,1*5))$
Filosofia de Mantenimiento			E2 ΔD 0%	33,33%	$0,33*(5-(0,6*5+0,2*1))$	$0,33*(5-(0,6*5+0,2*1+0,05*1+0,05*3))$	$0,33*(1-(0,1*5))$
Curva de Aprendizaje			E3 ΔD 50%	33,33%	$0,33*(1-(0,6*5+0,2*1))$	$0,33*(1-(0,6*5+0,2*1+0,05*1+0,05*3))$	$0,33*(3-(0,1*5))$

				Laboratorio			
				E1	E2	E7	
Escenario 3				Probabilidades	33,33%	33,33%	33,33%
Capacidad Instalada		Cliente	E1 ΔD 100%	33,33%	$0,33*(8-(0,6*5+0,2*1))$	$0,33*(10-(0,6*5+0,2*5))$	$0,33*(3-(0,6*3+0,1*5))$
Filosofia de Mantenimiento			E2 ΔD 0%	33,33%	$0,33*(7-(0,6*5+0,2*1))$	$0,33*(8-(0,6*5+0,2*5))$	$0,33*(5-(0,6*3+0,1*5))$
Curva de Aprendizaje			E3 ΔD 50%	33,33%	$0,33*(8-(0,6*5+0,2*1))$	$0,33*(1-(0,6*5+0,2*5))$	$0,33*(9-(0,6*3+0,1*5))$

				Laboratorio			
				E2	E4	E7	
Escenario 4				Probabilidades	33,33%	33,33%	33%
Capacidad Instalada		Cliente	E1 ΔD 100%	33,33%	$0,33*(10-(0,6*5+0,2*5))$	$0,33*(6-(0,1*3))$	$0,33*(3-(0,6*3+0,1*5))$
Filosofia de Mantenimiento			E2 ΔD 0%	33,33%	$0,33*(7-(0,6*5+0,2*5))$	$0,33*(6-(0,1*3))$	$0,33*(7-(0,6*3+0,1*5))$
Curva de Aprendizaje			E3 ΔD 50%	33,33%	$0,33*(1-(0,6*5+0,2*5))$	$0,33*(1-(0,1*3))$	$0,33*(6-(0,6*3+0,1*5))$

				Laboratorio			
				E2	E6	E7	
Escenario 5				Probabilidades	33,33%	33,33%	33,33%
Capacidad Instalada		Cliente	E1 ΔD 100%	33,33%	$0,33*(10-(0,6*5+0,2*5))$	$0,33*(1-(0,1*5))$	$0,33*(3-(0,6*3+0,1*5))$
Filosofia de Mantenimiento			E2 ΔD 0%	33,33%	$0,33*(3-(0,6*5+0,2*5))$	$0,33*(2-(0,1*5))$	$0,33*(9-(0,6*3+0,1*5))$
Curva de Aprendizaje			E3 ΔD 50%	33,33%	$0,33*(1-(0,6*5+0,2*5))$	$0,33*(2-(0,1*5))$	$0,33*(10-(0,6*3+0,1*5))$

ANEXO N° 6

Cálculo de los promedio de los pagos finales de expertos para la matriz de juego.

				Laboratorio		
				E1	E3	E7
Escenario 1				33,33%	33,33%	33,33%
Capacidad Instalada		Cliente	E1 ΔD 100%	33,33%	Promedio(10;8)-Promedio(3,6;3,2)	Promedio(7;7)-Promedio(3,9;3,4)
Filosofia de Mantenimiento			E2 ΔD 0%	33,33%	Promedio(5;5)-Promedio(3,6;3,2)	Promedio(1;2)-Promedio(3,9;3,4)
Curva de Aprendizaje			E3 ΔD 50%	33,33%	Promedio(1;1)-Promedio(3,6;3,2)	Promedio(1;1)-Promedio(3,9;3,4)
					Promedio(6;7)-Promedio(2,6;2,3)	Promedio(2,6;2,3)

				Laboratorio		
				E1	E5	E6
Escenario 2				33,33%	33,33%	33,33%
Capacidad Instalada		Cliente	E1 ΔD 100%	33,33%	Promedio(10;8)-Promedio(3,6;3,2)	Promedio(5;7)-Promedio(2,6;3,4)
Filosofia de Mantenimiento			E2 ΔD 0%	33,33%	Promedio(6;5)-Promedio(3,6;3,2)	Promedio(5;5)-Promedio(2,6;3,4)
Curva de Aprendizaje			E3 ΔD 50%	33,33%	Promedio(1;1)-Promedio(3,6;3,2)	Promedio(1;1)-Promedio(2,6;3,4)
					Promedio(3;3)-Promedio(0,5;0,5)	Promedio(0,5;0,5)

				Laboratorio		
				E1	E2	E7
Escenario 3				33,33%	33,33%	33,33%
Capacidad Instalada		Cliente	E1 ΔD 100%	33,33%	Promedio(10;8)-Promedio(3,6;3,2)	Promedio(8;10)-Promedio(3,75;4)
Filosofia de Mantenimiento			E2 ΔD 0%	33,33%	Promedio(8;7)-Promedio(3,6;3,2)	Promedio(7;8)-Promedio(3,75;4)
Curva de Aprendizaje			E3 ΔD 50%	33,33%	Promedio(1;1)-Promedio(3,6;3,2)	Promedio(1;1)-Promedio(3,75;4)
					Promedio(7;9)-Promedio(2,6;2,3)	Promedio(2,6;2,3)

					Laboratorio		
					E2	E4	E7
Escenario 4			Probabilidades	33,33%	33,33%	33%	
Capacidad Instalada		Cliente	E1 ΔD 100%	33,33%	Promedio(8;10)-Promedio(3,75;4)	Promedio(5;6)-Promedio(0,5;0,3)	Promeidio(1;3)-Promedio(2,6;2,3)
Filosofia de Mantenimiento			E2 ΔD 0%	33,33%	Promedio(5;7)-Promedio(3,75;4)	Promedio(8;6)-Promedio(0,5;0,3)	Promedio(10;7)-Promedio(2,6;2,3)
Curva de Aprendizaje			E3 ΔD 50%	33,33%	Promedio(1;1)-Promedio(3,75;4)	Promedio(1;1)-Promedio(0,5;0,3)	Promedio(4;6)-Promedio(2,6;2,3)

					Laboratorio		
					E2	E6	E7
Escenario 5			Probabilidades	33,33%	33,33%	33,33%	
Capacidad Instalada		Cliente	E1 ΔD 100%	33,33%	Promedio(5;10)-Promedio(3,75;4)	Promedio(1;1)-Promedio(0,5;0,5)	Promeido(5;3)-Promedio(2,6;2,3)
Filosofia de Mantenimiento			E2 ΔD 0%	33,33%	Promedio(1;3)-Promedio(3,75;4)	Promedio(1;2)-Promedio(0,5;0,5)	Promedio(9;9)-Promedio(2,6;2,3)
Curva de Aprendizaje			E3 ΔD 50%	33,33%	Promedio(1;1)-Promedio(3,75;4)	Promedio(2;2)-Promedio(0,5;0,5)	Promedio(10;10)-Promedio(2,6;2,3)