AAN8044

TESIS
IID 2000
D62
V.2

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

# DESARROLLO Y SIMULACIÓN DE LOS PROCESOS CLAVE DE UN CENTRO DE SERVICIO TELEFÓNICO EN UNA EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES. (TOMO II)

Universidad Católica Andrés Bello
BIBLIOTECA
Caracas

**REALIZADO POR** DOCIMO C. Orlando G.
VALERO P. Carlos E.

**PROFESOR GUIA** Ing. Félix Arroyo

**FECHA** 05 – 06 – 2000

# TABLA DE APÉNDICES

Apéndice I: El Sistema GSM.....1
Apéndice II: Notación de Procesos en Digitel.....4
Apéndice III: Selección del Paquete de Simulación.....6
Apéndice IV: Arena.....22

## TABLA DE ANEXOS

ANEXO 1: Organigrama de Digitel ..... 27
ANEXO 2: Configuración Física del Sistema Actual ..... 28
ANEXO 3: Flujograma correspondiente a la Configuración Actual ..... 29
ANEXO 4: Configuración Física del Sistema Propuesto ..... 30
ANEXO 5: Flujograma correspondiente a la Configuración Actual ..... 31
ANEXO 6 Ilustración de las fuentes de datos ..... 32
ANEXO 7: Porción de un reporte de la Central Meridian ..... 33
ANEXO 8: Pantalla de la Herramienta creada para la captura de datos en MS Acces ..... 35
ANEXO 9: Pareto obtenido del análisis de las razones de llamadas ..... 36
ANEXO 10: Ajustes de Datos para Tiempos de Servicio ..... 37
ANEXO 11: Cálculo de las Regresiones y Pronósticos ..... 43
ANEXO 12: Recomendaciones de la Federal Communications Commission. ..... 45
ANEXO 13: Diagramas de la Codificación del Modelo ..... 46
ANEXO 14: Limitaciones de la Versión Académica del Paquete: ..... 47
ANEXO 15: Tablas de Resultados de las Corridas de la Simulación. ..... 48
ANEXO 16: Pantallas de Resultados de las Salidas delas Corridas ..... 56

# Apéndice I: El Sistema GSM

## I.1 Historia de GSM

A continuación se ofrece un recuento de la historia de la evolución del sistema de telecomunicaciones basado en tecnología GSM, es importante destacar que todos los datos que se mencionan son datos obtenidos de bibliografía perteneciente a los manuales de inducción de la empresa (en específico del manual SYSTRA[1])

Al inicio de los años 80 los países europeos utilizaban muchos sistemas móviles de comunicación que eran incompatibles entre sí y, simultáneamente, se estaban incrementando notablemente los requerimientos de servicio de comunicación móviles. Debido a esto, se creó el *Groupe Speciale Mobile*[2] en la CEPT ( *Conférence Européenne des Postes et Telecomunications*) que tendría la tarea de desarrollar una especificación de red móvil común para Europa.

Seguidamente, en 1984 el Proyecto GSM es avalado por la Comisión Europea, en 1985, Alemania, Francia e Italia firman un acuerdo conjunto para desarrollar GSM y el Reino Unido firma el siguiente año.

En 1988 se hacen las pruebas de validación comprobándose en esta oportunidad que el sistema GSM funcionaba correctamente. En 1991, se instalaron los primeros sistemas en TELECOM '91, en Ginebra; se realizaron en esa oportunidad 11000 llamadas.

[1] SYSTRA es la designación para el manual de entrenamiento sobre el Sistema GSM de Nokia.

[2] Inicialmente el acrónimo deriva de esta frase, posteriormente sería cambiado a Global System for Mobile Communications.

En 1993 se lanza el primer sistema de 1800 Mhz lanzado por Mercury One 2 One en el Reino Unido, más de 1 millón de suscriptores, 32 redes en el aire en 18 países, 25 operadores involucrados en acuerdos de *Roaming*[3].

Para el año de 1994 ya se había incrementado el número de suscriptores a 4 millones con más de 100 miembros de 60 países y se tenían 63 redes en el aire en 43 países. En Estados Unidos se subastan bloques de espectro para la frecuencia de 1900 Mhz.

En el año de 1995 el número de suscriptores se había incrementado a 12 millones, se tenían 117 redes en el aire en 69 países, se hicieron demostraciones de Fax, Data, Video y SMS (Short Messaging).En 1996 el número de suscriptores había alcanzado los 30 millones, 167 redes en el aire en 94 países de las cuales habían 6 redes en Estados Unidos y una en Canadá.

Actualmente se tienen en el mundo mas de 120 millones de usuarios de tecnología GSM abarcando los espectros de 800, 900 y 1900 Mhz. Las expectativas de crecimiento mundial para el año 2002 apuntan a más de 300 millones de usuarios.

## I.2 La Sim Card

El Sistema GSM utiliza una tarjeta inteligente que se introduce en el equipo. Esta Tarjeta denominada SIM (Suscriber Identity Module), posee un chip electrónico que almacena todos los datos del usuario, tales como: número telefónico, planes y servicios contratados, claves de seguridad, tráfico acumulado, números telefónicos personales, mensajes recibidos en voz y texto, etc., obteniendo de esta forma comodidad y flexibilidad.

La SIM Card puede ser cambiada de un teléfono a otro, con lo cual el nuevo teléfono puede recibir todas las llamadas al número del suscriptor. La tarjeta SIM es uno de los dispositivos de seguridad de la red GSM haciendo difícil efectuar llamadas fraudulentas, también es la clave para utilizar Roaming Internacional con otros Operadores GSM alrededor del mundo.

[3] Se entiende por *Roaming* el hecho de poder acceder a una red distinta a la de la operadora con la cual se tiene suscrito el servicio.

Adicionalmente almacena lista de números telefónicos personales, llamadas perdidas, notificación de correo de voz, mensajes de texto de hasta 160 caracteres, etc.

## I.3 Ventajas Sobre Otras Tecnologías

La Tecnología GSM ofrece múltiples ventajas al usuario, esta tecnología es un estándar mundial (ampliamente difundido en Europa y Asia) por lo que tiene un sistema de *roaming* automático con los países que usan esta tecnología actualmente. El sistema del *roaming* automático implica que el usuario puede viajar con su celular y realizar y recibir llamadas sin necesidad de notificar al proveedor

GSM es un sistema completamente digital. En los sistemas digitales, la señal de la conversación del usuario es convertida en cadenas de "unos" y "ceros", esto es, un código binario. Una vez que la voz ha sido codificada, el sistema "encripta" este código para que no pueda ser accesado por ningún otro sistema.

La capacidad de transmisión de datos hasta 9,6 kbps es otra de las principales ventajas resaltantes de GSM, permitiendo conexión con el internet y el e-commerce desde el propio teléfono móvil.

## Apéndice II: Notación de Procesos en Digitel

Indicador de Proceso o actividad: Se utiliza para representar cualquier actividad que se realice durante el proceso. En la parte superior se coloca el código correspondiente al Proceso o actividad, en la parte inferior se coloca una breve descripción de lo que se realiza en ese proceso o actividad.

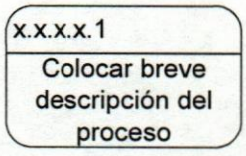



Figura 2.1. Indicador de proceso o actividad

Indicador de decisión: Se utiliza para denotar que en ese instante se requiere que alguna área tome una decisión concerniente al proceso. Dentro de la figura se debe colocar el código correspondiente al Proceso o actividad y posteriormente la pregunta a realizar; esta pregunta debe poder responderse simplemente con un SI o NO (es decir, de forma binaria). De esta forma se le dará una decisión acertada a la actividad dando la oportunidad al proceso de contener rutinas de verificación.

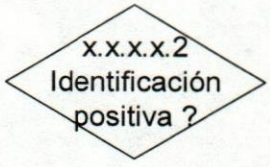



Figura 2.2. Indicador de decisión

Indicador de finalización o salida del proceso: Se utiliza para denotar que el proceso ha finalizado en una de sus ramas (debido a que el proceso puede tener varias ramas).

Figura 2.3. Indicador de finalización o salida del proceso

Indicador de continuidad del proceso: Se utiliza para darle continuidad al proceso cuando existe alguna actividad que se repite o cuando el flujograma abarca más de una página y se debe hacer alguna conexión entre una actividad de una página y otra en la página siguiente. Dentro de la figura se coloca una letra del alfabeto que va a corresponder con la misma letra que se coloca en la página siguiente.

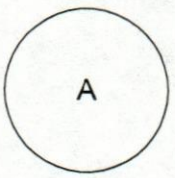



Figura 2.4. Indicador de continuidad del proceso

Además se debe hacer la observación de que el proceso sigue en la siguiente página. Se utiliza conjuntamente con las figuras de SIGUE y VIENE tal como se muestra a continuación.

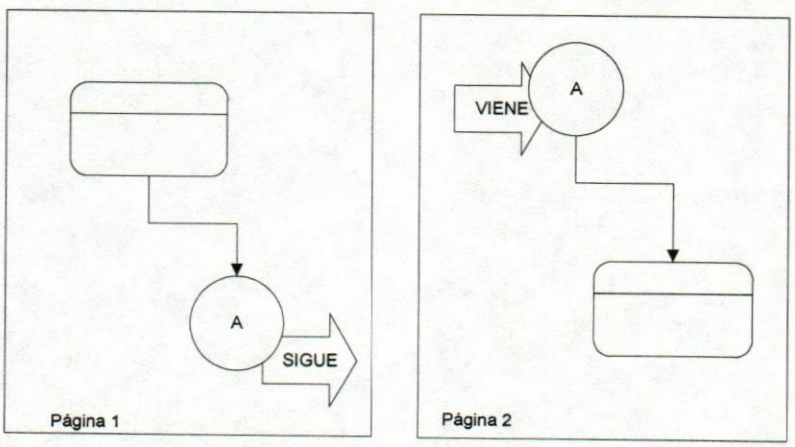



Figura 2.5. Ilustración de un flujograma de proceso que abarca más de una página.

## Apéndice III: Selección del Paquete de Simulación

### III.1 Lenguajes De Propósito General, Lenguajes de Simulación ó Simuladores de alto Nivel

En el momento de iniciar un estudio de simulación se debe establecer sobre qué plataforma se desarrollará el proyecto, hasta el momento existen tres opciones:

- ✓ Lenguajes de Propósito General
- ✓ Lenguajes de Simulación
- ✓ Simuladores de alto nivel

En la primera clasificación entran programas como Fortran, Basic y otros que tienen la característica de ser útiles en toda clase de aplicación, al respecto escribe Banks "...las primeras simulaciones fueron realizadas en este tipo de lenguajes pero en la actualidad ha caído en total desuso debido a la obsolescencia y la aparición de nuevas herramientas más específicas, poderosas y sencillas. A su favor solo se puede mencionar el aspecto del costo que es bastante bajo en contra existen una gran cantidad de razones entre las cuales está el hecho de tener que aprender la sintaxis del programa, como no hay módulos preestablecidos se debe dar instrucciones para todos los detalles del sistema lo cual se torna una larga tarea, no poseen facilidades de animación o compatibilidad con otros tipos de programas." (Banks, 1998)

El segundo segmento de plataformas comprende los lenguajes más especializados para el área de simulación que todavía presentan algunas de las mismas desventajas del grupo anterior como lo es su complicada sintaxis, la gran cantidad de tiempo necesario para construir un modelo y la falta de compatibilidad con otro tipo de paquetes, estos son también relativamente económicos pero actualmente no son tan usados debido a la aparición de los simuladores de alto nivel.

La última clasificación corresponde a los simuladores de alto nivel donde figuran paquetes como Service Model, Simprocess, Arena, Ithink, MicroSaint, AweSim, Extend, Simul8 y Automod, entre muchos otros que tienen la particularidad de ser altamente amigables con el usuario además de ser mucho más especializados en el área que se desee trabajar, adicionalmente estos paquetes pueden interactuar conjuntamente con paquetes de hojas de cálculo, procesadores de palabras, CAD y otros, las características de animaciones de este tipo de paquete son bastante avanzadas y muy fáciles de usar, la desventaja de este tipo de programas es su costo.

Por todo lo anterior, en este proyecto se decidió trabajar con simuladores de alto nivel, ya que representan la opción más favorable en lo que respecta al tiempo para realizar el proyecto, una de las principales limitaciones para el desarrollo del mismo. El paso siguiente en la elección del paquete es evaluar las características de varios de los paquetes disponibles.

## III.2 Aspectos Considerados en la Selección del Paquete

A continuación se reseñan y describen brevemente los factores tomados en consideración para la elección del paquete de simulación. Básicamente se hizo una revisión de la literatura de Banks,1998 e IIE Solutions, Mayo 1998 Simulation Buyer's Guide y se tomaron en cuenta la mayoría de las consideraciones que se recomiendan tomar en cuenta para la selección de un paquete de simulación.

III.2.1 Consideraciones de Entrada

Entre estas consideraciones figuran las siguientes:

- Familiaridad con el ambiente:

Es deseable que el ambiente de desarrollo del paquete sea familiar al de los programas más comunes, como Windows Office etc., es decir, que sea intuitivo para el usuario, esta característica es influyente en el tiempo y esfuerzo dedicado para aprender a controlar el paquete.

- Capacidad para importar planos desde CAD:

Si los planos de las instalaciones están realizados en CAD sería deseable poder importarlos al paquete de simulación para no tener que hacerlos de nuevo, esta característica es importante para ahorrar tiempo en la elaboración del proyecto, si este fuera el caso.

- Importación de archivos:

Esta característica permite que los datos del sistema registrado bajo algún tipo de paquete sean incorporados a la simulación sin necesidad de transcribirlos manualmente. Una de las ventajas más notables es la eliminación del error humano en el proceso de trascripción.

- Exportación de archivos:

Comúnmente los analistas de simulación se ven en la necesidad de exportar los resultados de la simulación con el fin utilizarlos en otros programas con mejores capacidades gráficas.

- Sintaxis:

La sintaxis de un simulador debe ser fácil de entender, consistente y no ambigua a fin de ahorrar tiempo y recursos en el adiestramiento los futuros analistas de simulación.

- Controlador de corridas interactivo:

A esta característica también se le conoce como "debugger" o depurador, y no es más que una opción que permite la corrida pasos a paso de la simulación con el fin de identificar problemas o errores lógicos.

- Interfaces con Otros Lenguajes:

Este tópico refleja la habilidad que pueda tener el paquete para apoyarse en la plataforma de otros lenguajes con el fin de obtener más detalle en la simulación.

- Capacidad de análisis de los datos de entrada:

Es la habilidad de poder determinar cuándo alguna serie de datos en particular puede ser relacionada con alguna distribución matemática o estadística.

III.2.2 Consideraciones Operativas

- Velocidad:

En el caso de que existan muchas entidades en el sistema el paquete no debería reducir su velocidad notablemente.

- Generador de variables aleatorias:

Existe alrededor de 12 distribuciones aleatorias que son usadas comúnmente en la simulación, el paquete por lo menos deberá ser capaz de trabajar con dichas distribuciones.

- Capacidad de realizar réplicas independientes:

El paquete debe permitir la generación de replicas con distintos grupos de números aleatorios de lo contrario se encontrará el mismo resultado una y otra vez

- Atributos y Variables Globales:

Todos los simuladores utilizan atributos y variables globales, la limitación está en el número máximo que se pueden utilizar en una misma simulación.

- Representaciones lógicas:

Consideración respecto al grado de detalle permitido por el paquete; ciertos paquetes permiten la representación a diferentes niveles de complejidad y detalle; otros en cambio obligan a utilizar representaciones lógicas preestablecidas, que derivan en una serie de simplificaciones.

III.2.3 Consideraciones de Salida

- Reportes Estandarizados

Es la capacidad de generar automáticamente reportes con medidas estandarizadas como: máximo tiempo en cola, número promedio de la longitud de la cola y muchos otros.

- Gráficos

El paquete debe tener la capacidad de generar gráficos de barra, de líneas, de torta, e histogramas.

- Medidas de Desempeño Personalizadas

En muchos casos es indispensable que el paquete permita la creación de medidas de desempeño nuevas, ya que, en cada sistema se centrará la atención en distintos tópicos.

- Mantenimiento de la base de Datos

Las bases de datos generadas en la simulación deben ser fácilmente identificables por el analista de simulación.

III.2.4 Consideraciones Misceláneas

- Facilidad de uso

Debe tenerse en consideración que aunque es deseable un paquete fácil de usar esto no debe implicar bajo rendimiento del paquete. Es decir, la utilización de un paquete fácil de usar pero limitado en cuanto a las facilidades que este posea.

- Facilidad de aprendizaje

Esta característica es muy importante para el usuario casual, ya que generalmente existen limitaciones en el tiempo del proyecto.

- Calidad de documentación

Es muy común que la documentación del programa sea muy difícil de entender o poco pedagógica, en general es deseable material comprensible y los servicios de consulta en línea.

- Animaciones

No todas las animaciones son creadas de la misma manera; en este aspecto se debe considerar la facilidad para su desarrollo, la calidad del dibujo, la suavidad de movimiento entre otros aspectos.

- Existencia de versiones sólo para corridas

Este tipo de versiones permite la demostración y presentación de la simulación luego que ha sido desarrollada, y se hacen por la necesidad de no tener una licencia del paquete en las computadoras utilizadas para tal fin.

- Estabilidad del proveedor

Cuánto tiempo tiene en el mercado la marca del paquete, y si éste es su principal negocio o es sólo una rama más.

- Historia

Se debe investigar si el proveedor anualmente saca al mercado mejoras para el programa como reflejo de su compromiso con la mejora continua.

- Soporte

Se debe asegurar que el proveedor tenga soporte telefónico y debe proveer acceso a su BBS con el fin de poder descargar información nueva del paquete.

- Consideraciones de Costo

Los costos de los programas de simulación son muy variables (desde $500 hasta $50.000); en realidad no se debe comprar un paquete solamente por su costo sino por su productividad. A continuación se muestra un Listado de Paquetes de Simulación.

### III.3 Listado de Paquetes de Simulación

Se incluye en esta sección un listado de paquetes de simulación obtenido de la web. En este listado, se caracterizan algunos de los paquetes de simulación disponibles en el mercado.

| **Descrete Event Simulation Programs** |
|---|

| **Arena** | **Rating** |
|---|---|
| Arena simulation software creates animated computer models that accurately represent virtually any system. First released in 1993, Arena is a flexible and powerful tool. It has an object-oriented design and the unique ability to be tailored to any application area. Arena also is very easy to use; with its point and click interface and fill in the blank dialogue boxes, there is never a need for programming.<br><br>**About: Arena \| Systems Modeling Corporation**<br>**Platforms: Win95, WinNT**<br>**Release: 2.0**<br>**Retail Price: $**<br><br>**Download: Not available** | |

| **AweSim!** | **Rating** |
|---|---|

AweSim! a totally new general purpose simulation system, designed and developed to utilize the **latest in simulation and Windows® technology. AweSim!makes simulation easy. Built on over 20** years of simulation experience it predicts the performance of complex systems. AweSim! works and can work for you!

AweSim! is the first Windows simulation product to support multiple concurrent animations from a single model. See entities flow over a network diagram in one window, while another window shows a realistic animation of the model's status. And another window shows the key performance measures – updated as the simulation executes.

**About: AweSim! | Pritsker Corporation**
**Platforms: Win3.1, Win95, WinNT**
**Release: ##.#.#**
**Retail Price: $**

**Download: Not available**

| **Extend** | **Rating** |
|---|---|

Extend is a dynamic, iconic simulation environment with a built-in development system for extensibility. It enables you to simulate discrete event, continuous, and combined discrete event/continuous processes and systems. Virtually anything you could possibly imagine can easily be built by using Extend's libraries of pre-built blocks. No programming is necessary; however, you may if you so desire. Everything you need for model building is here ... the authoring environment and development system are built in.

**About: Extend | Imagine That, Inc.**
**Platforms: Mac Win3.1, Win95, WinNT**
**Release: 3.2**
**Retail Price: $695**

**Download: Extend demonstration edition**

| **Extend+BPR** | **Rating** |
|---|---|

Extend+BPR is combines the Extend program with a flow charting interface to create an industrial strength, multi-platform dynamic modeling tool. Extend+BPR is the tool you've heard about that has been used successfully in re-engineering projects for government institutions, large communication

companies, Fortune 500 consumer product companies, information service providers, and major consulting organizations.

**About: Extend+BPR | Imagine That, Inc.**
**Platforms: Mac Win3.1, Win95, WinNT**
**Release: 3.2**
**Retail Price: $990**

**Download: Extend demonstration edition**

| **Extend+Manufacturing** | **Rating** |
|---|---|

Extend+BPR is combines the Extend program with a manufacturing process model that gives you a tool to make significant changes in your industrial or commercial operation. This dynamic modeling tool assists in the prediction of system bottlenecks, determination of buffer lengths, build times, and process timing so costs can be justified before resources are committed, options can be analyzed, and operating procedures documented. Extend+Manufacturing has been designed specifically for Industrial Engineers, Operations Researchers, and Manufacturing Analysts for operations improvement, information processing, service industries, distribution systems, material handling, transportation systems, and most other discrete event processes.

**About: Extend+Manufacturing | Imagine That, Inc.**
**Platforms: Mac Win3.1, Win95, WinNT**
**Release: 3.2**
**Retail Price: $990**

**Download: Extend demonstration edition**

| **GPSS/H Professional** | **Rating** |
|---|---|

GPSS/H is a general-purpose tool for building models of discreet-event systems. Unlike some simulation software which forces you to fit your application into a rigid, inflexible framework, GPSS/H is versatile enough to handle the problems and intricacies of a wide variety of systems. GPSS/H gives you the building blocks to make your simulation as detailed as you want. A GPSS/H model is easy to use, modify, maintain, and transfer to other platforms.

**About: GPSS/H Professional | Parallel Performance**
**Platforms: MS-DOS, Win3.1**
**Release: ##.#.#**
**Retail Price: $5,200**

**Download: Not available**

| **GPSS/H Run-time** | **Rating** |
|---|---|

Run-time GPSS/H is identical to GPSS/H Professional, except that only a model previously compiled with GPSS/H Professional can be executed. The model is supplied in binary form to end-users, protecting the original GPSS/H source code from being seen or modified. This is an economical means of distributing copies of a model to dozens or even hundreds of users.

**About: GPSS/H Run-time | Parallel Performance**
**Platforms: MS-DOS, Win3.1**
**Release: ##.#.#**
**Retail Price: $**

**Download: Not available**

| **GPSS/H Personal** | **Rating** |
|---|---|

GPSS/H Personal is a subset of GPSS/H. If offers the maximum punch available within the 640k memory limit of MS-DOS on any PC or compatible.

**About: GPSS/H Personal | Parallel Performance**
**Platforms: MS-DOS**
**Release: 2**
**Retail Price: $1,500.00**

**Download: Not available**

| **GPSS/H Student** | **Rating** |
|---|---|

Student GPSS/H is a full-speed, full featured version of the software that can be used to develop limited-model-size simulations. Student GPSS/H can be used in the classroom or by anyone who wants to learn about GPSS/H.

**About: GPSS/H Student | Parallel Performance**
**Platforms: MS-DOS Win3.1**
**Release: ##.#.#**
**Retail Price: $**

**Download: Not available**

| **GPSS/PC** | **Rating** |
|---|---|

GPSS/PC is an efficient implementation of the popular simulation language GPSS (General Purpose Simulation System). GPSS/PC is more than a programming language, it is a complete simulation environment specifically designed for interactive use on today's high speed microprocessors. The program uses graphics and animation to model various types of simulation environments.

**About: GPSS/PC | Parallel Performance**
**Platforms: MS-DOS, Win3.1**
**Release: 2**
**Retail Price: $1,500.00**

**Download: Not available**

| **IThink** | **Rating** |
|---|---|

iThink, which is an adaptation of STELLA, is a powerful and flexible package for building and simulating business and organizational processes. The software, which includes extensive conceptual and technical documentation, has emerged as a key tool for addressing business issues of all types, ranging from strategic planning to business process re-engineering.

**About: iThink | High Performance**
**Platforms: Mac, Win3.1**
**Release: 4.0**
**Retail Price: $599.00**

**Download: Not available**

| **MAST** | **Rating** |
|---|---|

MAST is a software tool designed, developed and implemented for the study of flexibility. It combines state-of-the-art manufacturing models using rough-cut analysis (also known as rapid modeling) with simulation and color graphic animation. MAST enables you to evaluate manufacturing capacity, identify bottlenecks and answer "what if" questions such as the effects of new production requirements or changes in labor allocations. All this and more can be achieved without programming, modeling or text editing.

**About: MAST | CMS Research, Inc.**
**Platforms: Win95, Win98, WinNT**
**Release: 7.0**
**Retail Price: $**

**Download: Not available**

| **MODSIM III** | **Rating** |
|---|---|

The Modular Simulation language, MODSIM III, is an object oriented, strongly typed, general purpose, high level programming language. MODSIM III provides both object oriented programming and discrete event simulation capabilities in one language. It is used to build large, process-based simulation models with modular and object oriented development techniques.

**About: MODSIM III | CACI**
**Platforms:**
**Release: ##.#.#**
**Retail Price: $**

**Download: Evaluation Copy good for 30 days, must attend free training**

| **SIMPROCESS** | **Rating** |
|---|---|

SIMPROCESS is a hierarchical and integrated process simulation tool that radically improves your productivity for process modeling and analysis. SIMPROCESS is designed for BPR and IT professionals of industrial and service enterprises who need to reduce the time and risk it takes to service customers, fulfill demand, and develop new products. Unlike other tools, SIMPROCESS integrates process mapping, hierarchical event-driven simulation, and activity-based costing into a single tool.

**About: SIMPROCESS | CACI**
**Platforms:**
**Release: ##.#.#**
**Retail Price: $**

**Download: Not available**

| **SIMSCRIPT II.5** | **Rating** |
|---|---|

**SIMSCRIPT II.5 ® is a powerful, free**-form, English-like simulation language designed to greatly simplify writing programs for simulation modelling. Programs written in SIMSCRIPT II.5 are easily read and maintained. They are accurate, efficient, and generate results which are acceptable to users. Unlike other simulation programming languages, SIMSCRIPT II.5 requires no coding in other

languages. SIMSCRIPT II.5 has been fully supported for over 33 years.

**About: SIMSCRIPT II.5 | CACI**
**Platforms: Win95, WinNT, UNIX**
**Release: ##.#.#**
**Retail Price: $23,500.00**

**Download: Evaluation Copy good for 30 days, must attend free training**

| **SIMUL8** | **Rating** |
|---|---|

SIMUL8 is a Windows based visual discrete event simulation software tool that provides bottom line performance measures and insights into how any configuration of machines and people will perform in combination with one another. While SIMUL8 is very easy to use it also provides all the features that even simulation specialists require.

**About: SIMUL8 | Visual Thinking International**
**Platforms: Win95, WinNT**
**Release: 4.0**
**Retail Price: $495.00**

**Download: not available**

| **SLAM II** | **Rating** |
|---|---|

SLAM II is a simulation program used in research at various universities. It is being used at the University of Flordia and the University of Cincinnati.

**About: SLAM II | Pritsker Corporation**
**Platforms: Mac, Win3.1, Win95, WinNT, UNIX**
**Release: ##.#.#**
**Retail Price: $00.00**

**Download: Not available**

| **STELLA** | **Rating** |
|---|---|

STELLA is a powerful and flexible package for building and simulating models of dynamic systems and processes. Using a simple set of building block icons, you can construct a map of a process or issue of any kind. The diagram automatically generates equations, used for simulation, allowing you

to bring your map to life. Output can be viewed as graphs, tables, diagram animation or QuickTime movies. Multi-run sensitivity analysis allows you to explore a variety of what-if scenarios as you (or your students) explore the interdependencies of the system under scrutiny

**About: Stella | High Performance**
**Platforms: Mac, Win3.1**
**Release: 4.0**
**Retail Price: $599.00**

**Download: Not available**

**Reviews | Resources**

| **Taylor II** | **Rating** |
|---|---|

Taylor II is a full capability discrete event simulation Package. It includes advanced statistical capability for input analysis and the ability to design experiments for multiple replication/scenario analysis.

Three levels of 2D animation and true 3D wire frame animation and true 3D shaded solids modeling (with light source definition) for unsurpassed model presentation. True XYZ representation enabling you to model and animate elements, transporters, conveyors, and parts at any XYZ point location. Conveyors and paths can have rounded, angled, or inclined movement. Hierarchical modeling which allows you to save whole models as clusters which can be deleted, moved, or scaled as a single object.

**About: Taylor II | F&H Simulations**
**Platforms:**
**Release: 3.0**
**Retail Price: $15,500.00**

## III.4 Selección del Paquete de simulación

Para el proceso de selección del paquete se utilizó un método basado en una matriz de puntos es decir, se le asignó a cada paquete una puntuación del uno(1) al diez (10) en cada aspecto de los reseñados en la sección anterior, y luego se obtuvo el producto de ese valor por el factor de ponderación, que no es más que una cifra del uno (1) al cien (100) y que es un porcentaje que refleja la importancia de dicho renglón dentro del presente estudio. Se debe destacar que tanto los factores de ponderación como las puntuaciones asignadas son resultado

del criterio de los autores. A continuación se puede observar la matriz de puntos utilizada para la selección del paquete destinado para realizar este estudio de simulación.

| | Factor Pond. | Service Model | | Simprocess | | Arena | | ITHINK | | MicroSaint | | AweSim | | Extend | | Simul8 | | AutoMod | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Familiaridad con el ambiente** | 5 | 10 | 50 | 10 | 50 | 10 | 50 | 10 | 50 | 10 | 50 | 10 | 50 | 10 | 50 | 10 | 50 | 10 | 50 |
| **Analisis de datos de salida** | 7 | 10 | 70 | 10 | 70 | 10 | 70 | 10 | 70 | 10 | 70 | 8 | 56 | 8 | 56 | 10 | 70 | 10 | 70 |
| **Importación de archivos** | 3 | 6 | 18 | 0 | 0 | 8 | 24 | 8 | 24 | 6 | 18 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 5 | 15 |
| **Exportación de archivos** | 3 | 6 | 18 | 0 | 0 | 8 | 24 | 8 | 24 | 6 | 18 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 5 | 15 |
| **Sintaxis** | 3 | 6 | 18 | 8 | 24 | 8 | 24 | 5 | 15 | 5 | 15 | 6 | 18 | 5 | 15 | 6 | 18 | 2 | 6 |
| **Depurador** | 5 | 10 | 50 | 0 | 0 | 9 | 45 | 6 | 30 | 7 | 35 | 7 | 35 | 10 | 50 | 6 | 30 | 8 | 40 |
| **Interfaces otros Lenguajes** | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | 0 | 0 | 10 | 10 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 | 8 |
| **Análisis datos de entrada** | 7 | 10 | 70 | 10 | 70 | 10 | 70 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 70 |
| **Velocidad** | 3 | 4 | 12 | 5 | 15 | 6 | 18 | 6 | 18 | 6 | 18 | 8 | 24 | 5 | 15 | 5 | 15 | 4 | 12 |
| **Generador de Num. Aleatorios** | 3 | 10 | 30 | 10 | 30 | 10 | 30 | 10 | 30 | 10 | 30 | 10 | 30 | 10 | 30 | 10 | 30 | 10 | 30 |
| **Replicas independientes** | 6 | 10 | 60 | 10 | 60 | 10 | 60 | 10 | 60 | 10 | 60 | 10 | 60 | 10 | 60 | 10 | 60 | 10 | 60 |
| **Atributos y Variables** | 3 | 10 | 30 | 10 | 30 | 10 | 30 | 10 | 30 | 10 | 30 | 10 | 30 | 10 | 30 | 10 | 30 | 10 | 30 |
| **Representaciones lógicas** | 2 | 4 | 8 | 4 | 8 | 8 | 16 | 5 | 10 | 5 | 10 | 6 | 12 | 10 | 20 | 6 | 12 | 5 | 10 |
| **Reportes Estandarizados** | 2 | 2 | 4 | 2 | 4 | 8 | 16 | 6 | 12 | 8 | 16 | 5 | 10 | 10 | 20 | 10 | 20 | 2 | 4 |
| **Gráficos** | 3 | 2 | 6 | 2 | 6 | 4 | 12 | 2 | 6 | 6 | 18 | 4 | 12 | 5 | 15 | 8 | 24 | 5 | 15 |
| **Mtto. base de datos** | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 | 8 | 8 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| **Facilidad de uso** | 7 | 3 | 21 | 6 | 42 | 9 | 63 | 5 | 35 | 6 | 42 | 4 | 28 | 9 | 63 | 9 | 63 | 2 | 14 |
| **Facilidad de aprendizaje** | 7 | 4 | 28 | 5 | 35 | 9 | 63 | 5 | 35 | 6 | 42 | 3 | 21 | 9 | 63 | 9 | 63 | 2 | 14 |
| **Calidad de documentación** | 7 | 1 | 7 | 4 | 28 | 10 | 70 | 4 | 28 | 4 | 28 | 3 | 21 | 6 | 42 | 6 | 42 | 3 | 21 |
| **Animaciones** | 5 | 9 | 45 | 7 | 35 | 8 | 40 | 5 | 25 | 5 | 25 | 6 | 30 | 4 | 20 | 6 | 30 | 6 | 30 |
| **Versiones sólo para corridas** | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Historia** | 3 | 4 | 12 | 4 | 12 | 10 | 30 | 8 | 24 | 4 | 12 | 10 | 30 | 4 | 12 | 8 | 24 | 6 | 18 |
| **Estabilidad del proveedor** | 5 | 6 | 30 | 5 | 25 | 10 | 50 | 8 | 40 | 6 | 30 | 10 | 50 | 5 | 25 | 8 | 40 | 6 | 30 |
| **Soporte** | 5 | 8 | 40 | 0 | 0 | 10 | 50 | 5 | 25 | 2 | 10 | 8 | 40 | 6 | 30 | 10 | 50 | 4 | 20 |
| **Costo** | 3 | 2 | 6 | 8 | 24 | 5 | 15 | 8 | 24 | 4 | 12 | 6 | 18 | 9 | 27 | 10 | 30 | 0 | 0 |
| **Total** | 100 | | 634 | | 569 | | 891 | | 616 | | 604 | | 593 | | 660 | | 704 | | 582 |

Matriz de puntos para la selección del software

# Apéndice IV: Arena

## IV.1 La Herramienta de Simulación

Ya se ha visto que la simulación ha servido desde hace mucho tiempo para distintos fines y también, que existe una infinidad de lenguajes de programación para la simulación, así como también distintos paquetes disponibles para facilitar la realización de estudios de simulación.

A continuación se disertará acerca de cómo es la estructura de este paquete de simulación y estudiaremos además la estructura funcional del lenguaje de programación así como el diseño de orientación a objetos.

## IV.2 ¿ Qué es Arena ?

Arena es el nombre que le ha dado la compañía Systems Modeling a su paquete de simulación, su primera versión tal como se conoce hoy en día fue lanzada al mercado en 1993. Arena es un programa para simular el movimiento de objetos a través de un sistema.

A diferencia de algunos viejos programas de simulación en los que la persona debía escribir los programas, Arena, permite crear modelos gráficamente con la técnica de "Drag and Drop" . Adicionalmente, permite interactuar en caso de ser necesario con la interfase del lenguaje de simulación denominado SIMAN. De esta forma, este paquete brinda las ventajas de ambos escenarios, el gráfico y el de programación.

Adicionalmente, Arena posee facilidades de animación gráfica de modo que el usuario puede ver el flujo de los objetos inherentes a la simulación lo que brinda distintas ventajas tales como: la identificación gráfica de problemas en los sistemas simulados, simplemente la amena observación de un sistema bajo estudio o capacitación de personal.

## IV.3 Conceptos de Arena

Generalmente cuando se trabaja con un paquete de computación se adopta una visión de "caja negra" del mismo. De este modo, cuando se interactúa con éste, simplemente le damos unas entrada y esperamos unas salidas. Sin embargo, cuando se decide trabajar con un paquete determinado de simulación es importante conocer cómo es su estructura funcional desde el punto de vista del manejo de los eventos.

Como ya se sabe, el sistema con el que se trabajó requiere de una simulación de eventos discretos. El paquete de simulación posee una forma característica tanto en su manejo externo de las imágenes y gráficos así como también en su forma de administrar todos y cada uno de los eventos que suceden en el modelo de simulación.

A continuación se introducen una serie de conceptos que son de carácter general para todos los paquetes de simulación, sin embargo, cada paquete los utiliza con alguna variante, de modo que entraremos un poco en el detalle del tratamiento de los eventos desde la óptica del lenguaje de programación SIMAN.

### IV.3.1 Entidades, Recursos, Elementos de Control y Operaciones.

Las entidades en SIMAN son usadas para modelar objetos, bien sea animados o inanimados, que se mueven a través del sistema y produce cambios en el estado del sistema. Existen entidades internas que son utilizadas en SIMAN ocasionalmente para manejar los comienzos y fines de períodos de parada o para detener la simulación. En general, durante la simulación, las entidades pasan en el tiempo de un punto a otro, a través de diversos cambios de estado. Los estados por los que pasan las entidades son los siguientes: Estado Activo, Estado Disponible, Estado de Espera por Tiempo, Estado de Espera por Condición y Estado Latente. Los recursos en SIMAN modelan objetos que proveen de servicios esencialmente a las entidades. Adicionalmente, los elementos de control y operaciones establecen secuencia en el orden de la utilización de los recursos siguiendo algún patrón específico.

### IV.3.2 Calendario de Eventos

Para la ejecución de la simulación, el programa necesita tener un registro de los eventos que han de ocurrir en el futuro inmediato. En Arena esta información se encuentra almacenada en el *Calendario de Eventos* Cada vez que la lógica de la simulación llama la ejecución de una actividad (llama a las entidades que se encuentran en el Estado de Espera por Tiempo), se coloca inmediatamente otro registro de la futura actividad a llevarse a cabo en el modelo. Este registro básicamente contiene la identificación de la entidad asociada al evento, la hora del evento y el tipo de evento que será.

### IV.3.3 Fase de Movimiento de Entidades

En esta fase es cuando una o varias entidades que se encuentran en la Cadena de Eventos Actuales son tratadas y dispuestas para la fase de actualización del reloj de la simulación.

### IV.3.4 Reloj de la Simulación

EL valor del tiempo en la simulación es guardado en una variable denominada *Reloj de la Simulación*. Este reloj, en realidad no transcurre continuamente como lo haría uno en la vida real, este valor simplemente va desplazándose discretamente entre los valores de tiempo de ocurrencia de cada uno de los eventos.

### IV.3.5 Fase de Actualización del Reloj

La fase de Actualización del Reloj mueve el reloj de la simulación una cantidad de tiempo igual a la cantidad de tiempo asignado para el movimiento de la entidad que se encuentre en el tope de la lista del Conjunto de Eventos Futuros.

### IV.3.6 Colas Internas y Adjuntas

Son dos tipos de listas que posee SIMAN conformadas por entidades que se encuentran en el Estado de Espera por Condición. Las colas adjuntas son listas de entidades utilizadas por SIMAN para implementar el Estado Latente de las entidades.

### IV.3.7 Estructura Jerárquica de Arena

El paquete Arena combina la facilidad de uso obtenida a través de simuladores de alto nivel con la flexibilidad que ofrecen los lenguajes de simulación.

Para la construcción de los modelos en Arena, éste ofrece al usuario distintos niveles de módulos de construcción. Estos niveles son consecuentes con la estructura jerárquica del paquete, a su vez esta estructura permite combinar bloques predeterminados de varios niveles.

Específicamente en el ambiente de modelaje de Arena se tienen 5 conjuntos de bloques de construcción. Estos bloques de construcción se encuentran en 5 paneles distintos de diseño que son:

1. Common Panel
2. Support Panel
3. Transfer Panel
4. Blocks Panel
5. Elements Panel

### IV.3.8 Input Analizer

El análisis de datos de entrada es una de las labores que implican más tiempo para el desarrollo de un estudio de simulación. Para estos fines se debe contar con una herramienta

que sea de fácil uso y permita flexibilidad de uso. Arena cuenta con una herramienta que permite analizar los datos de entrada al modelo, esencialmente para hacer ajustes estadísticos de los datos introducidos.

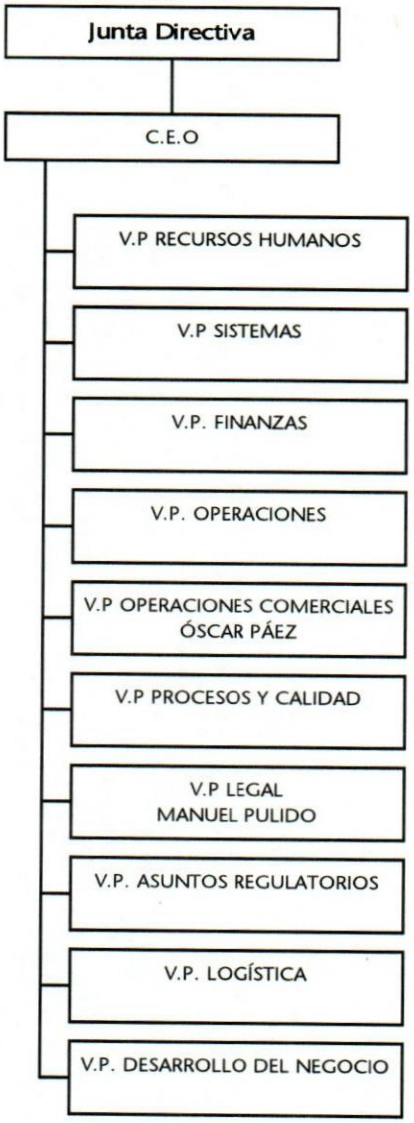
Básicamente lo que realiza la herramienta es analizar los datos de entrada (estos se introducen al analizador en formato de texto) y generar histogramas de frecuencias con la respectiva distribución asociada. Además de generar las distribuciones asociadas, tiene la capacidad de emitir pruebas de bondad de ajustes estadísticos de datos (Chi Cuadrado y Kolmogorov- Smirnov).

### IV.3.9 Output Analizer

El analizador de salidas de los datos de las corridas es el *Output Analizer*. Este complemento del paquete permite analizar los datos generados por la simulación que son guardados (a requerimiento del usuario) en archivos de datos para generar entre otras cosas Gráficos del Comportamiento de las variables del modelo, Intervalos de Confianza para Medias, Intervalos de Confianza para Varianzas, etc.

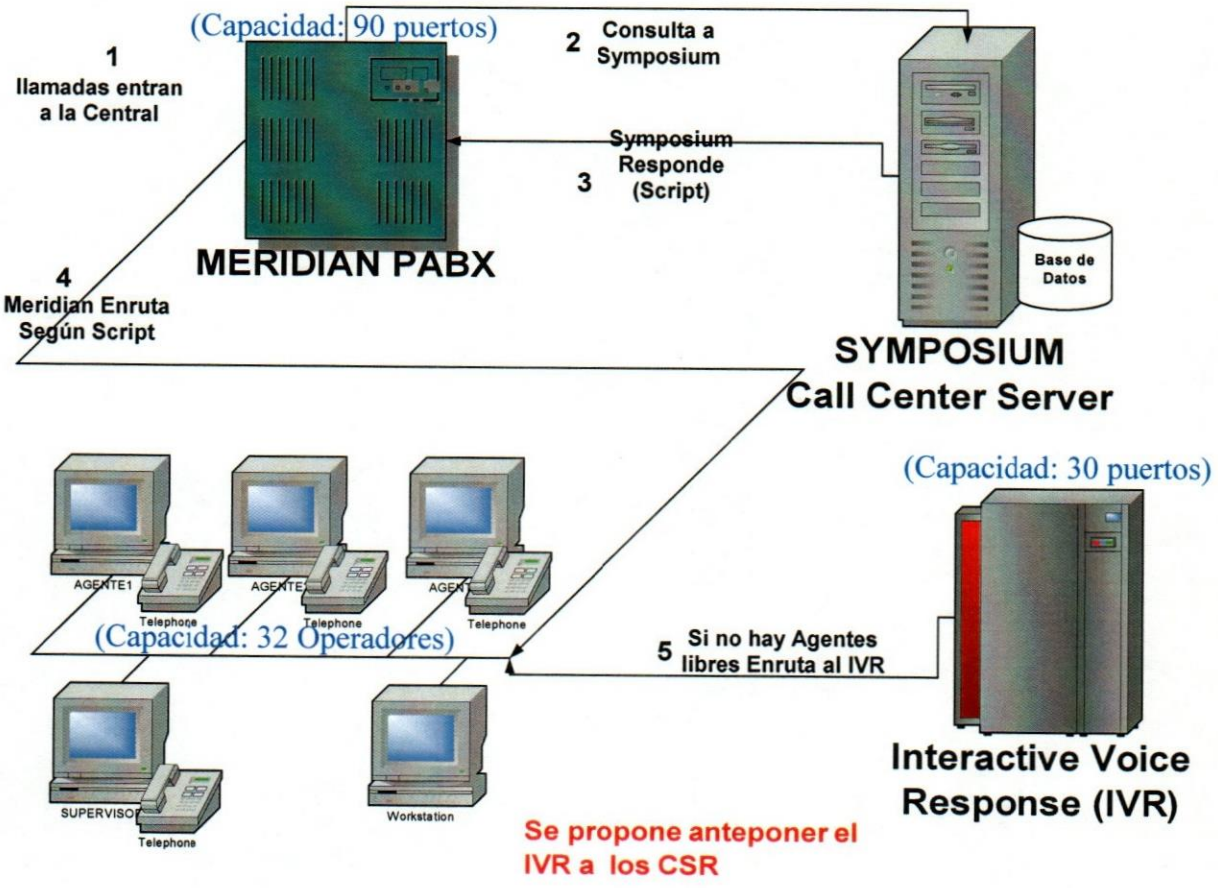
## ANEXO 1: Organigrama de Digitel

Estructura organizativa de Digitel

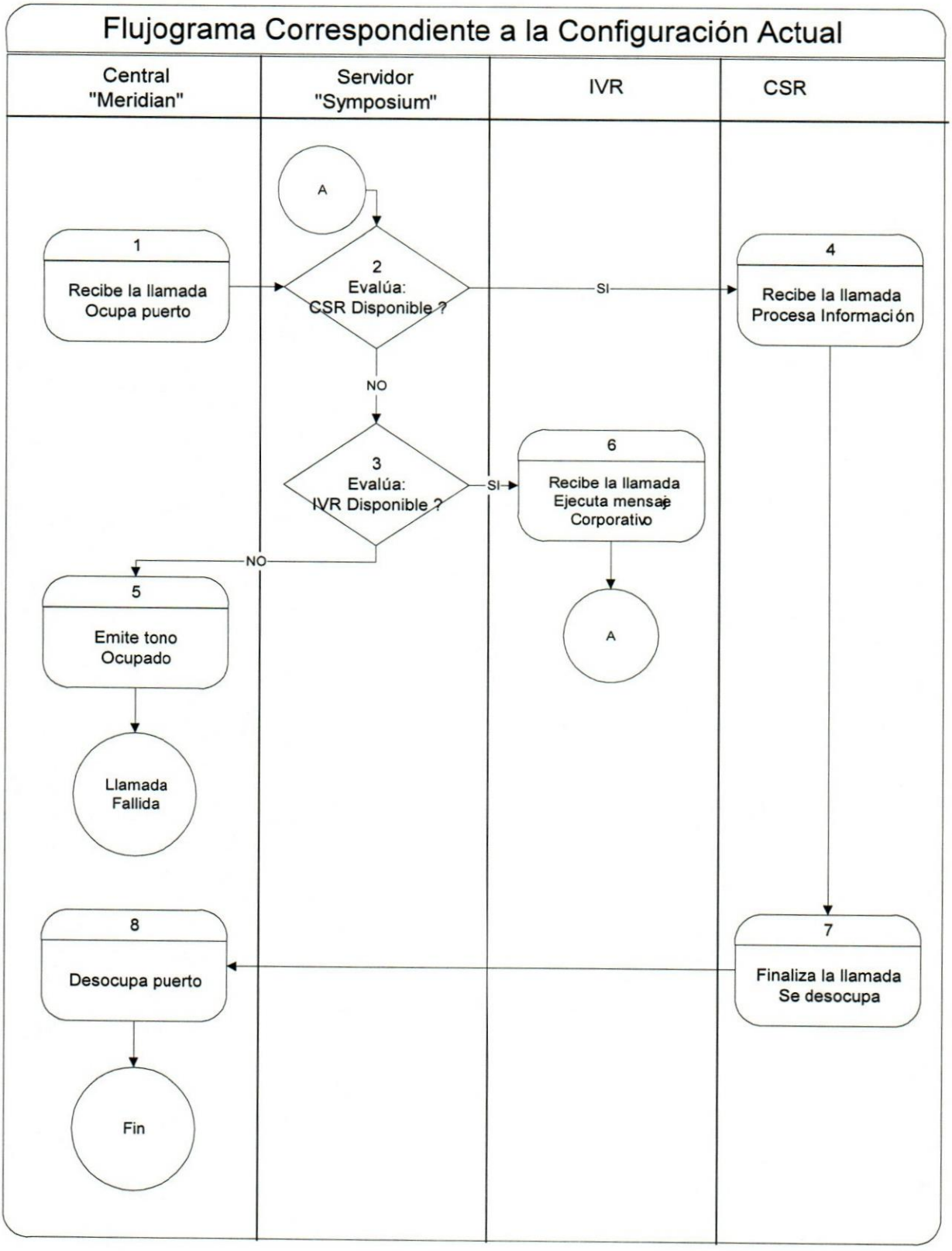


## ANEXO 2: Configuración Física del Sistema Actual

Configuración Actual: Esta configuración es la que se utiliza actualmente en el centro de servicio telefónico, en la cual el dispositivo IVR no cumple ninguna función relacionada a la resolución de problemas.

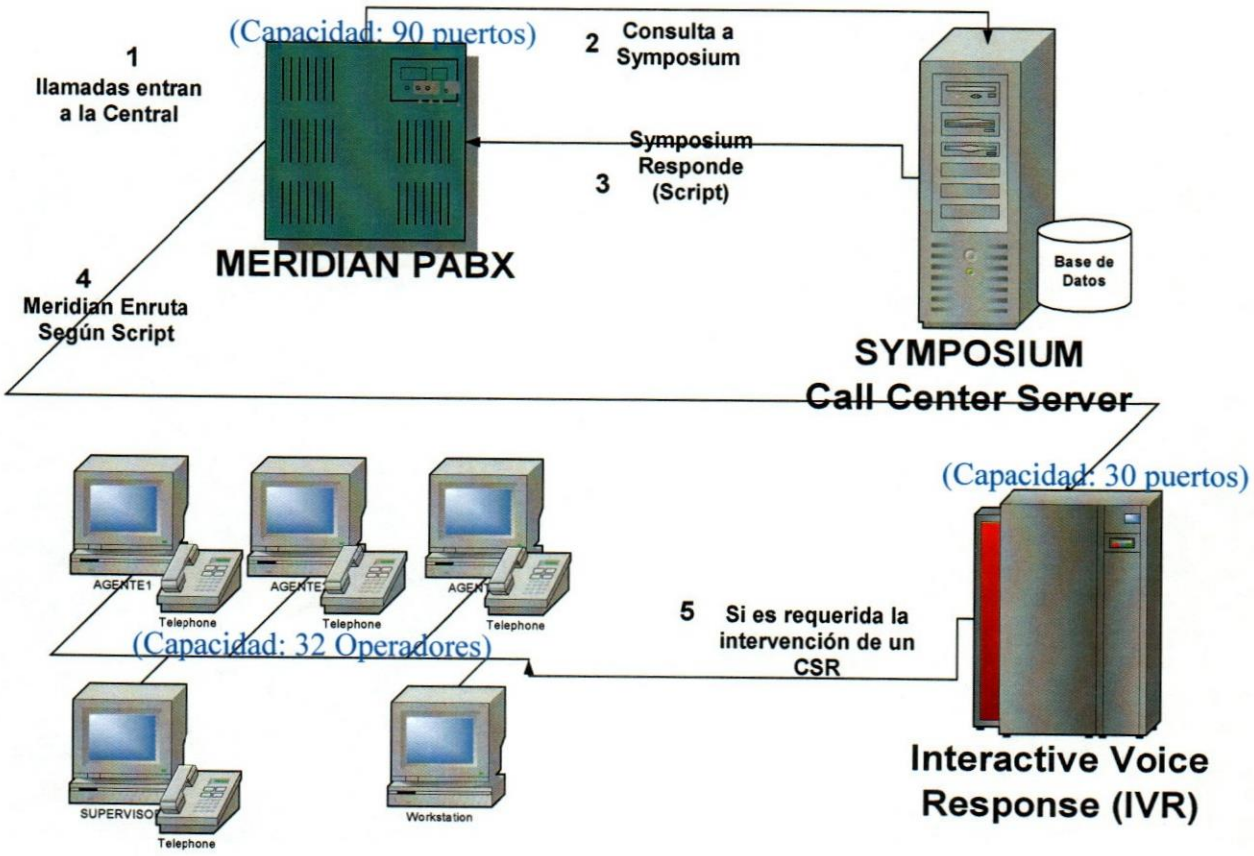


**ANEXO 3: Flujograma correspondiente a la Configuración Actual**

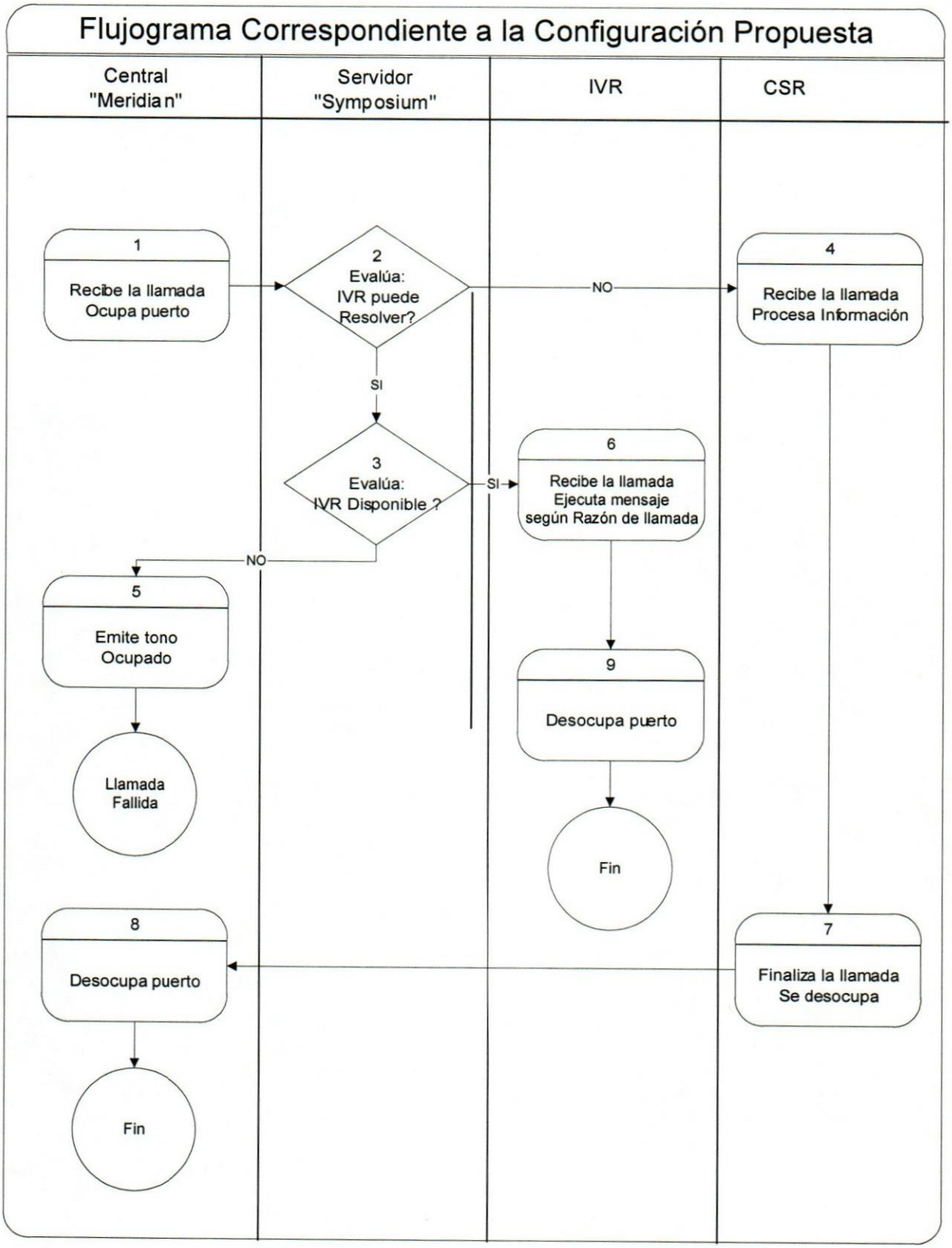


## ANEXO 4: Configuración Física del Sistema Propuesto

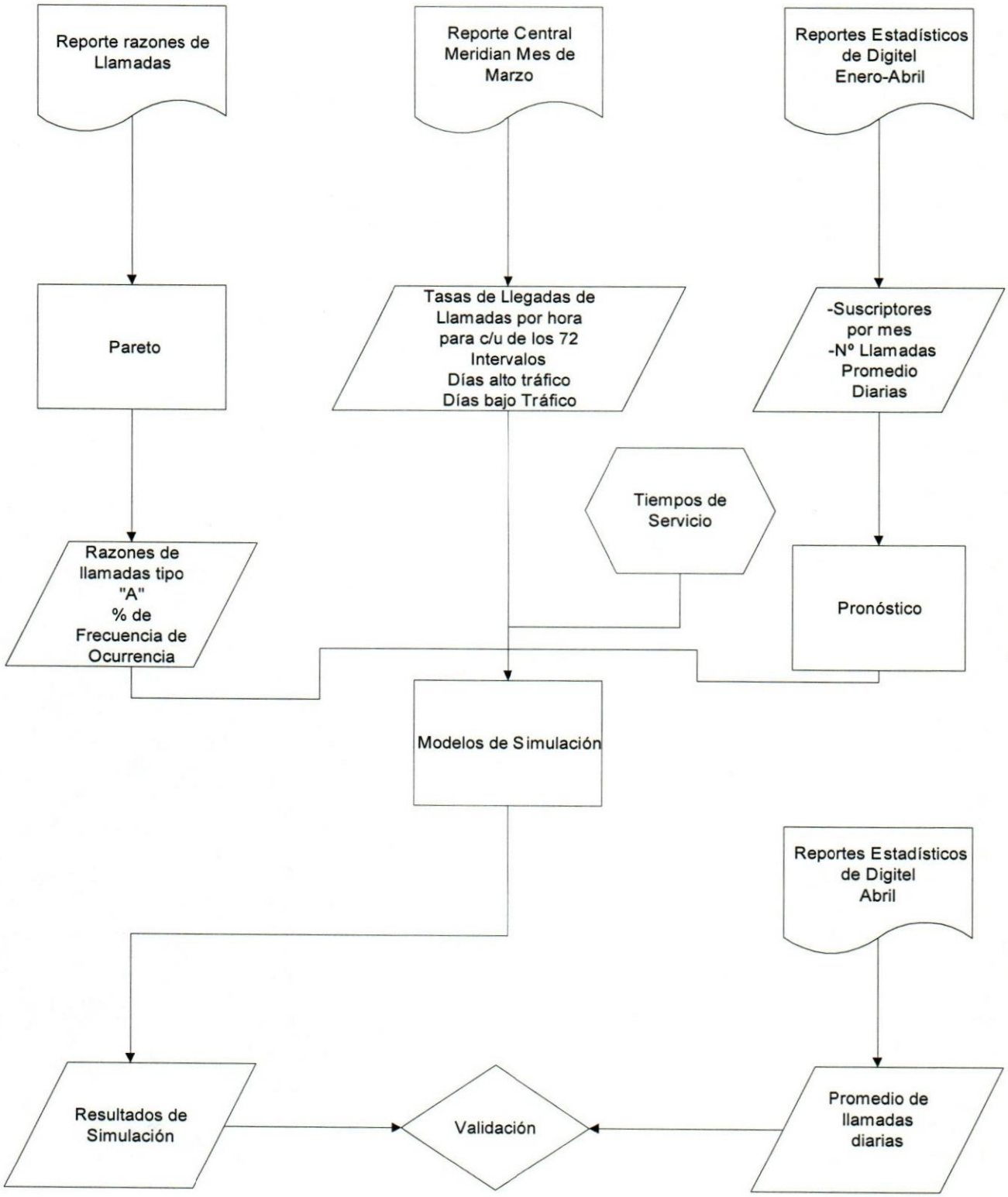
Configuración Propuesta: En este esquema propuesto por la Gerencia de Servicios al Cliente, el IVR puede resolver problemas estructurados, por tanto, no se hace necesaria la intervención del operador en este tipo de situaciones.



**ANEXO 5: Flujograma correspondiente a la Configuración Actual**



## ANEXO 6 Ilustración de las fuentes de datos



## ANEXO 7: Porción de un reporte de la Central Meridian

Del conjunto de reportes de la Central Meridian se obtuvo el promedio de la tasa de llegada de llamadas. Este tipo de reporte alimenta a su vez al reporte de Estadísticas de Digiel, el cual se usó para validar en el mes de Abril

**Fecha: 05-Mar-2000**
**Resumen diario**
**Total ofrecidas:** **1,693**

| Intervalo | Ofrecidas |
|---|---|
| 07:00 | 7 |
| 07:15 | 9 |
| 07:30 | 12 |
| 07:45 | 10 |
| 08:00 | 14 |
| 08:15 | 24 |
| 08:30 | 10 |
| 08:45 | 28 |
| 09:00 | 23 |
| 09:15 | 24 |
| 09:30 | 35 |
| 09:45 | 36 |
| 10:00 | 42 |
| 10:15 | 27 |
| 10:30 | 24 |
| 10:45 | 28 |
| 11:00 | 36 |
| 11:15 | 32 |
| 11:30 | 34 |
| 11:45 | 33 |
| 12:00 | 27 |
| 12:15 | 25 |
| 12:30 | 21 |
| 12:45 | 27 |
| 13:00 | 40 |
| 13:15 | 26 |
| 13:30 | 25 |
| 13:45 | 28 |
| 14:00 | 35 |
| 14:15 | 28 |
| 14:30 | 35 |
| 14:45 | 39 |
| 15:00 | 22 |
| 15:15 | 30 |
| 15:30 | 18 |
| 15:45 | 22 |
| 16:00 | 28 |
| 16:15 | 17 |

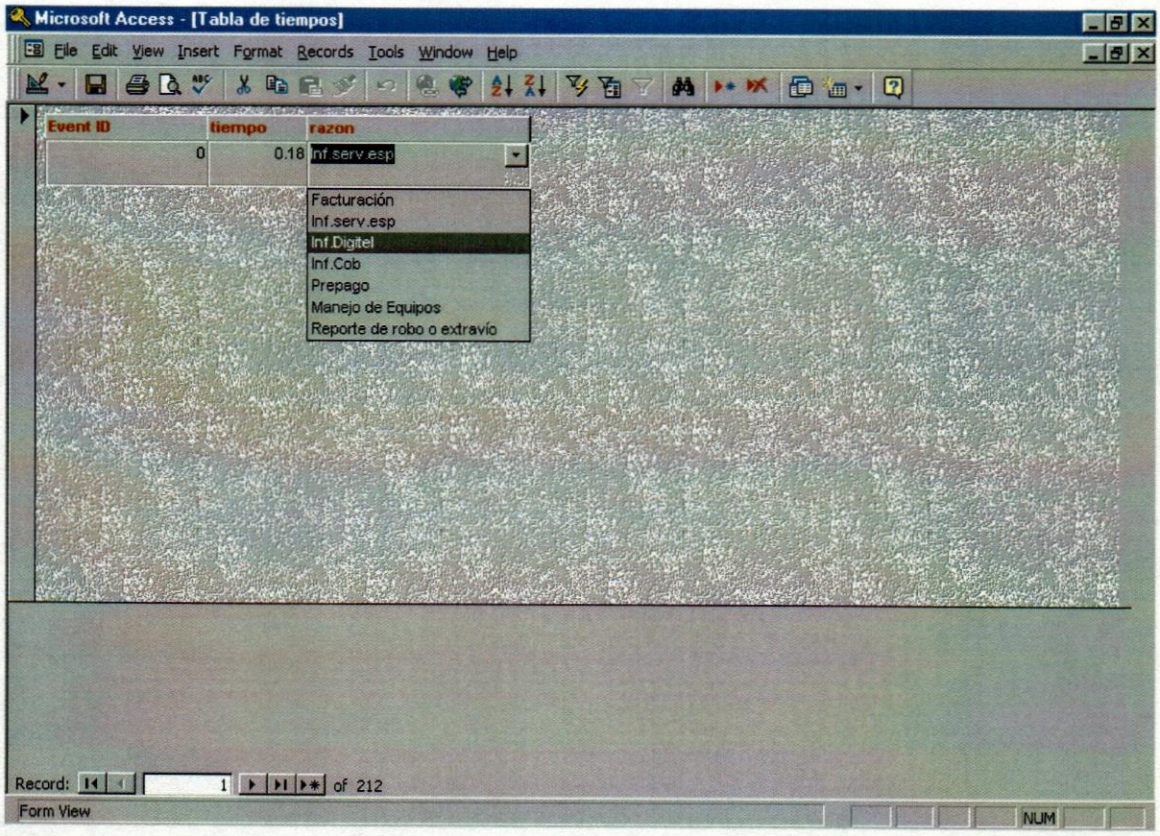
| | |
|---|---|
| 16:30 | 15 |
| 16:45 | 16 |
| 17:00 | 23 |
| 17:15 | 36 |
| 17:30 | 22 |
| 17:45 | 29 |
| 18:00 | 29 |
| 18:15 | 29 |
| 18:30 | 29 |
| 18:45 | 30 |
| 19:00 | 42 |
| 19:15 | 44 |
| 19:30 | 39 |
| 19:45 | 32 |
| 20:00 | 40 |
| 20:15 | 29 |
| 20:30 | 14 |
| 20:45 | 20 |
| 21:00 | 27 |
| 21:15 | 17 |
| 21:30 | 23 |
| 21:45 | 18 |
| 22:00 | 21 |
| 22:15 | 17 |
| 22:30 | 8 |
| 22:45 | 15 |
| 23:00 | 19 |
| 23:15 | 14 |
| 23:30 | 13 |
| 23:45 | 2 |

**Fecha: 06-Mar-2000**
**Resumen diario**

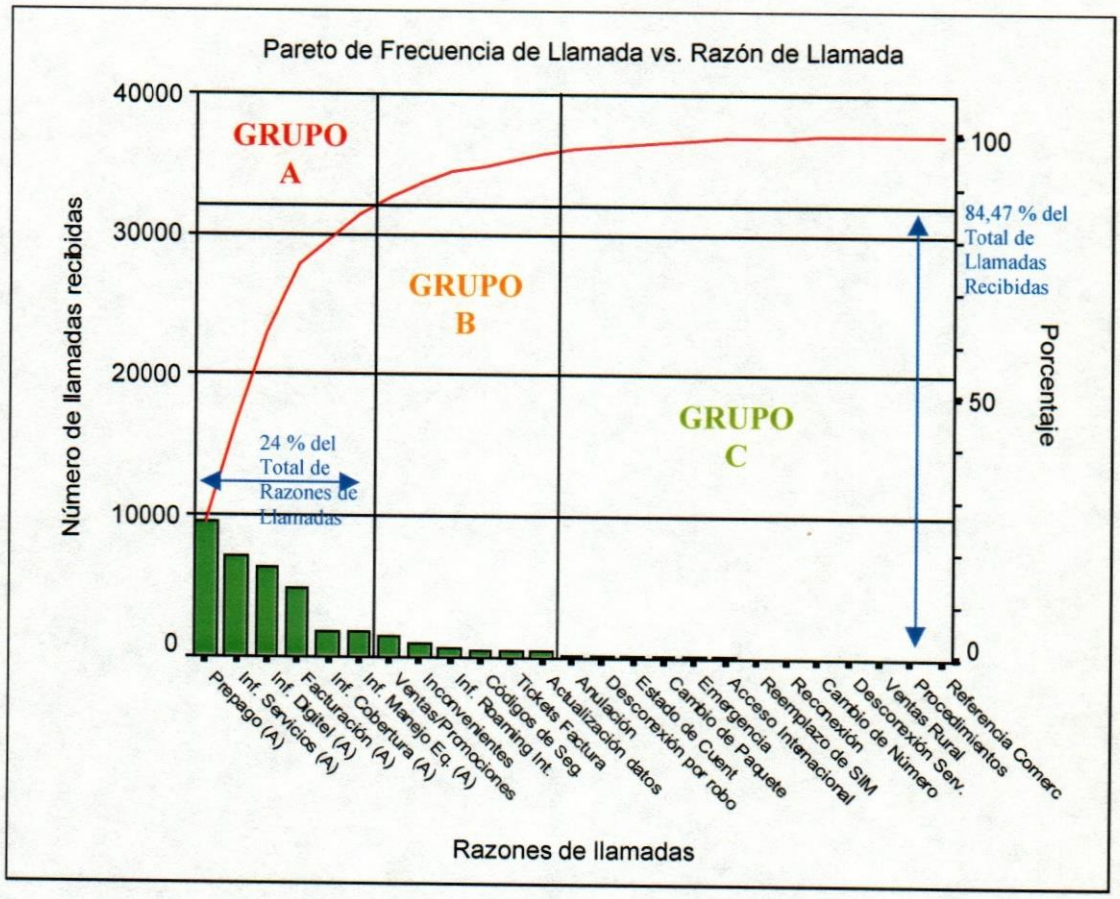
**Total ofrecidas:**

| Intervalo | Ofrecidas |
|---|---|
| 00:00 | 10 |
| 00:15 | 1 |
| 00:30 | 4 |
| 00:45 | 2 |

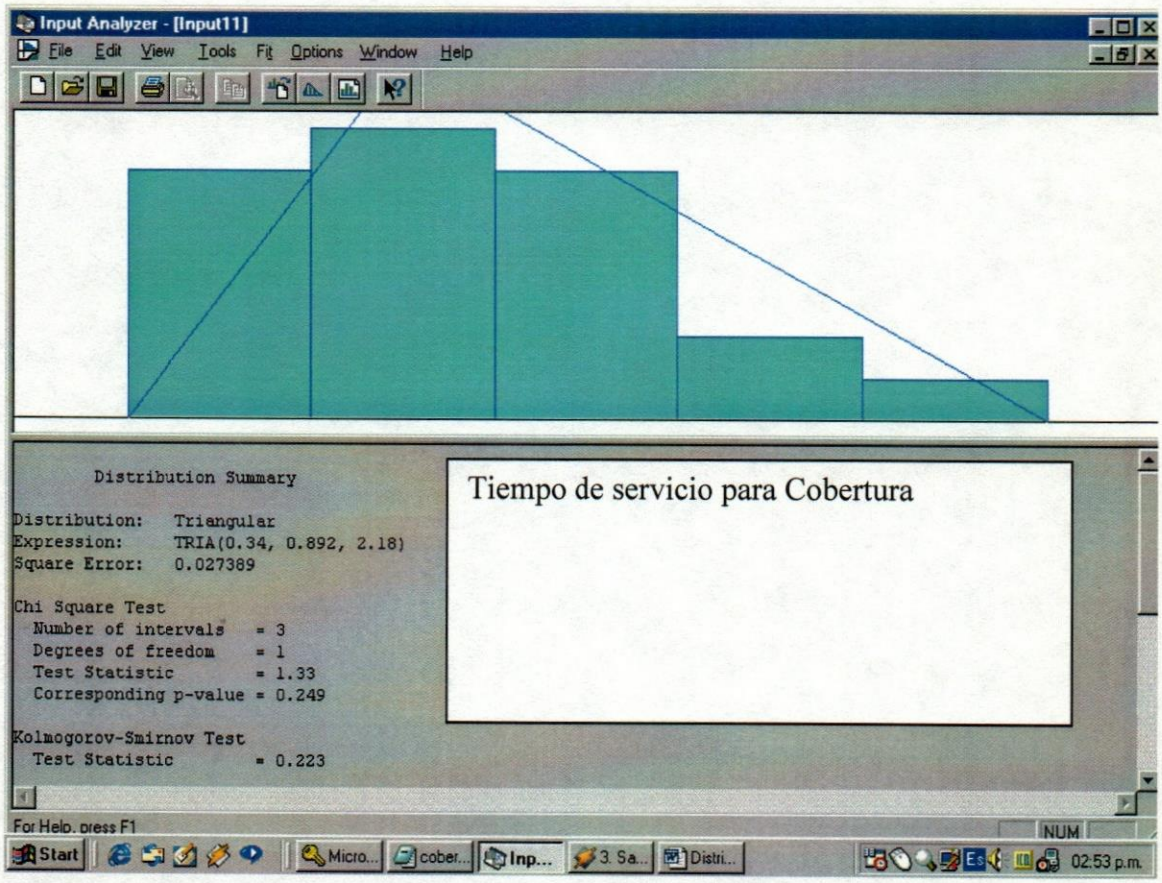
## ANEXO 8: Pantalla de la Herramienta creada para la captura de datos en MS Acces

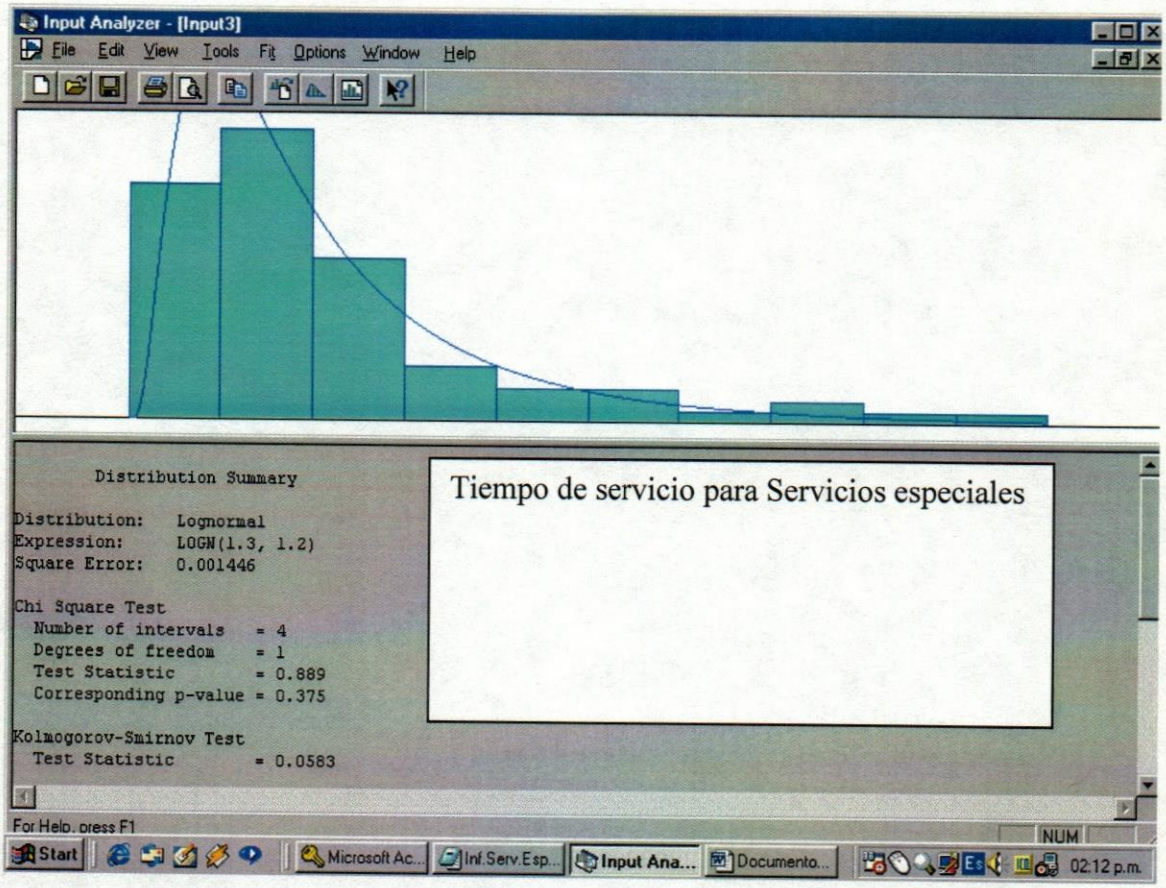


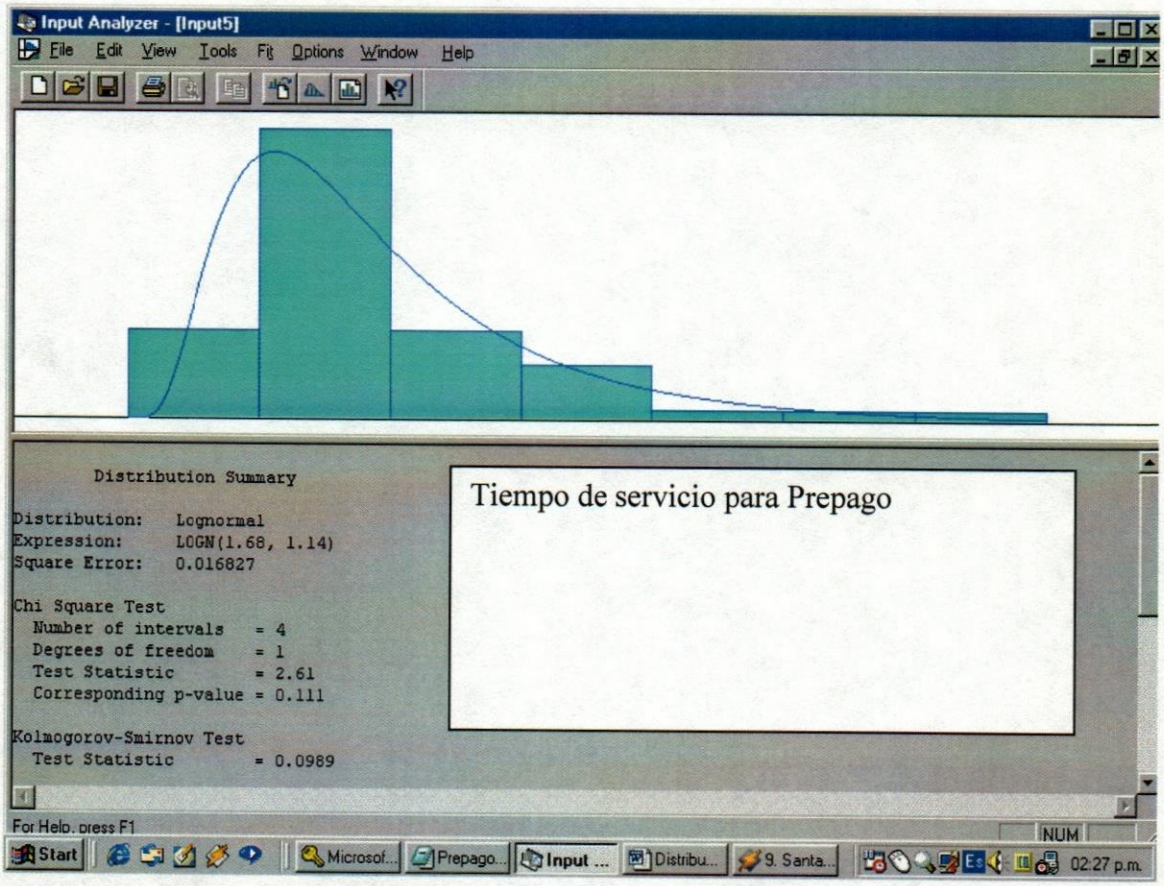
**ANEXO 9: Pareto obtenido del análisis de las razones de llamadas**

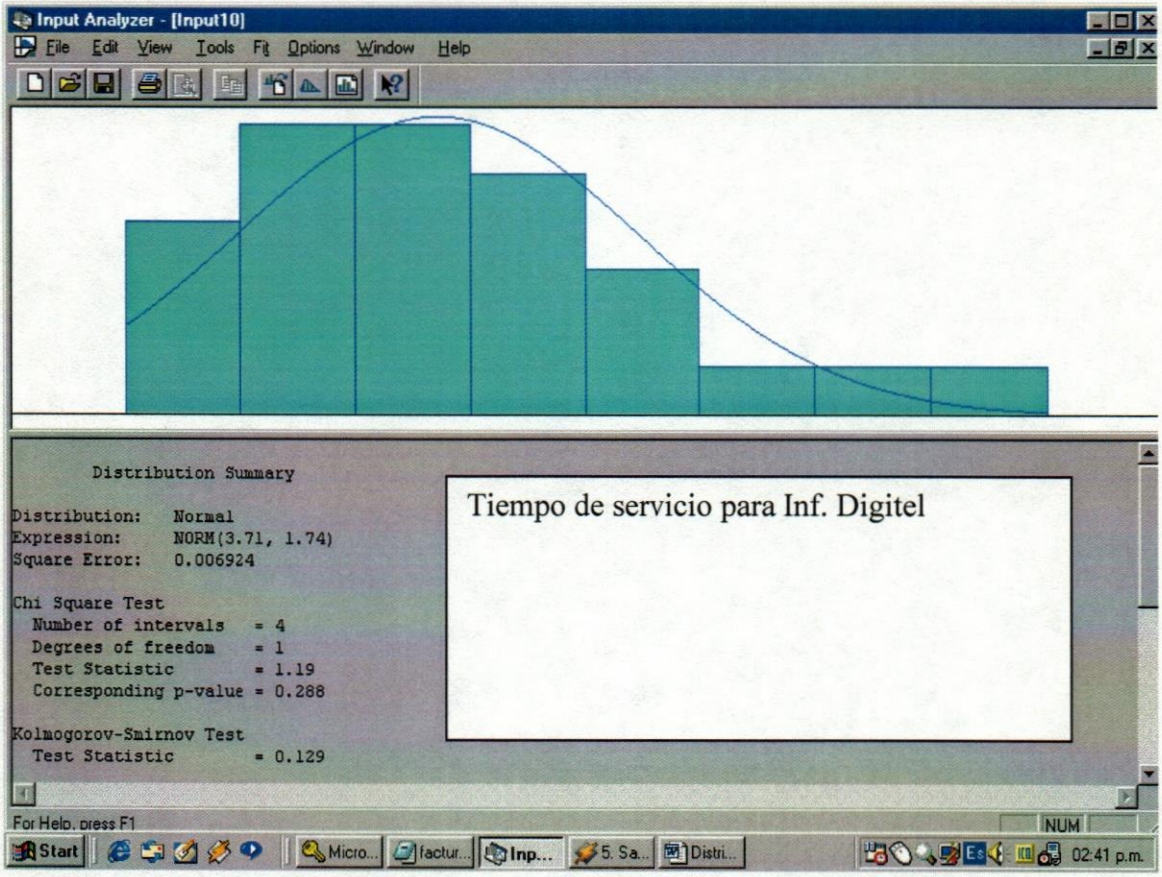


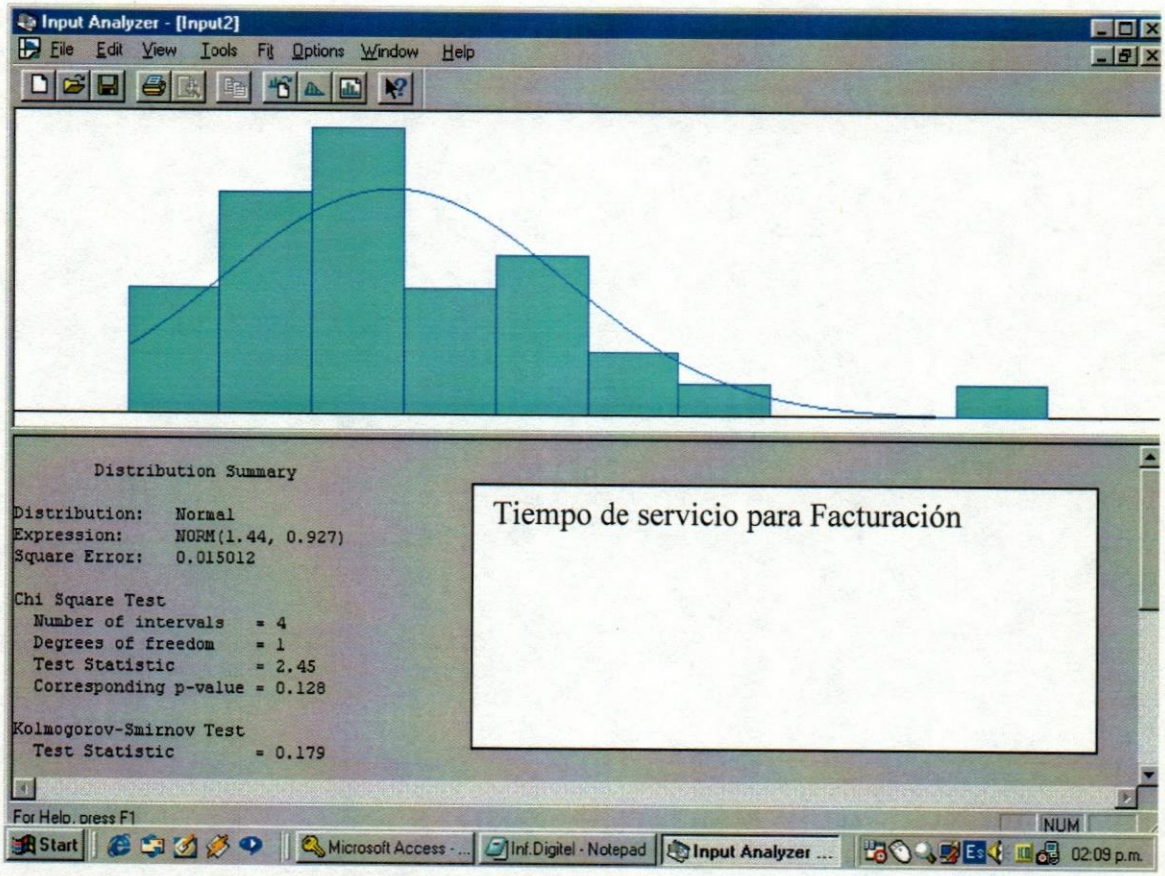
## ANEXO 10: Ajustes de Datos para Tiempos de Servicio

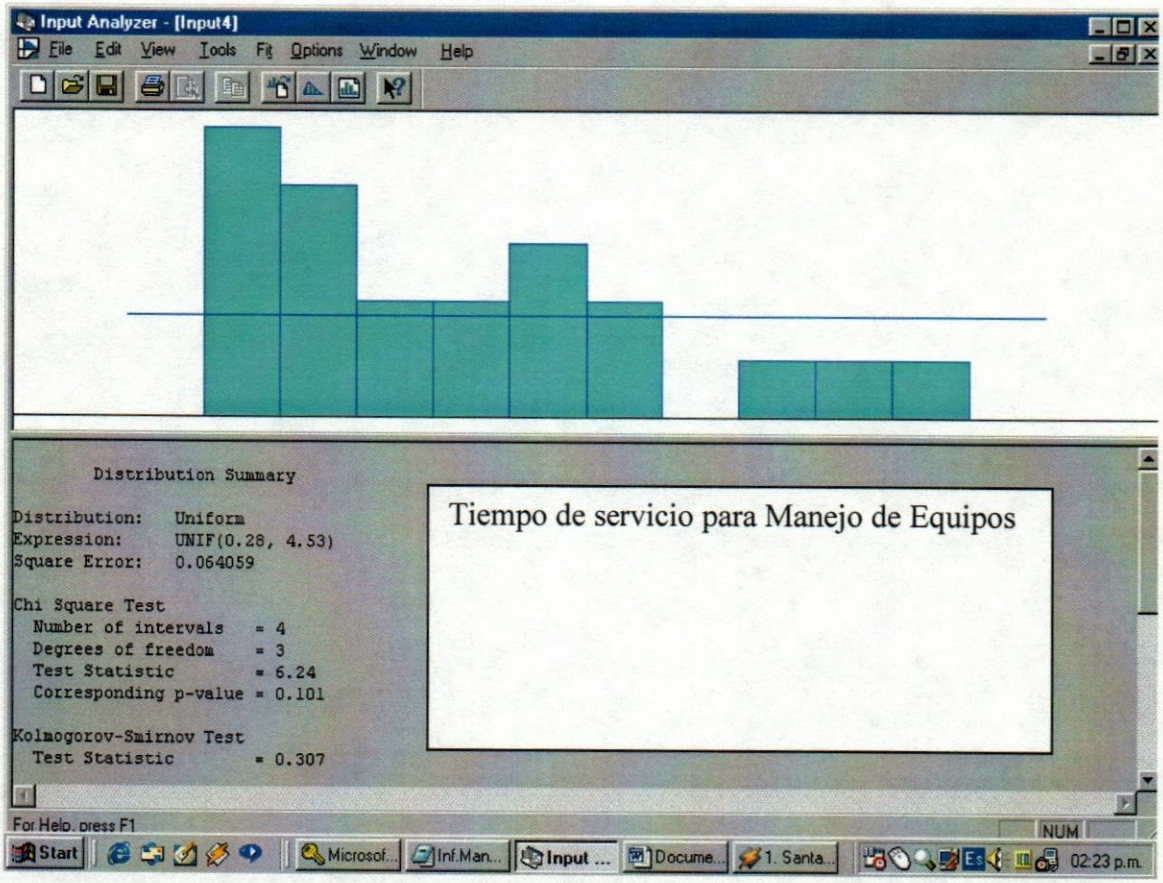



Input Analyzer - [Input3]
File Edit View Tools Fit Options Window Help
Distribution Summary
Distribution: Lognormal
Expression: LOGN(1.3, 1.2)
Square Error: 0.001446
Chi Square Test
Number of intervals = 4
Degrees of freedom = 1
Test Statistic = 0.889
Corresponding p-value = 0.375
Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.0583
Tiempo de servicio para Servicios especiales
For Help, press F1
NUM
Start
Microsoft Ac...
Inf.Serv.Esp...
Input Ana...
Documento...
02:12 p.m.


Input Analyzer - [Input5]
File Edit View Tools Fit Options Window Help
Distribution Summary
Distribution: Lognormal
Expression: LOGN(1.68, 1.14)
Square Error: 0.016827
Chi Square Test
Number of intervals = 4
Degrees of freedom = 1
Test Statistic = 2.61
Corresponding p-value = 0.111
Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.0989
Tiempo de servicio para Prepago
For Help, press F1
NUM
Start
Microsof...
Prepago...
Input ...
Distribu...
9. Santa...
02:27 p.m.


Input Analyzer - [Input10]
File Edit View Tools Fit Options Window Help
Distribution Summary
Distribution: Normal
Expression: NORM(3.71, 1.74)
Square Error: 0.006924
Chi Square Test
Number of intervals = 4
Degrees of freedom = 1
Test Statistic = 1.19
Corresponding p-value = 0.288
Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.129
Tiempo de servicio para Inf. Digitel
For Help, press F1
NUM
Start
Micro...
factur...
Inp...
5. Sa...
Distri...
02:41 p.m.


Input Analyzer - [Input2]
File Edit View Tools Fit Options Window Help
Distribution Summary
Distribution: Normal
Expression: NORM(1.44, 0.927)
Square Error: 0.015012
Chi Square Test
Number of intervals = 4
Degrees of freedom = 1
Test Statistic = 2.45
Corresponding p-value = 0.128
Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.179
Tiempo de servicio para Facturación
For Help, press F1
NUM
Start
Microsoft Access - ...
Inf.Digitel - Notepad
Input Analyzer ...
02:09 p.m.


Input Analyzer - [Input4]
File Edit View Tools Fit Options Window Help
Distribution Summary
Distribution: Uniform
Expression: UNIF(0.28, 4.53)
Square Error: 0.064059
Chi Square Test
Number of intervals = 4
Degrees of freedom = 3
Test Statistic = 6.24
Corresponding p-value = 0.101
Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.307
Tiempo de servicio para Manejo de Equipos
For Help, press F1
NUM
Start
Microsof...
Inf.Man...
Input ...
Docume...
1. Santa...
02:23 p.m.

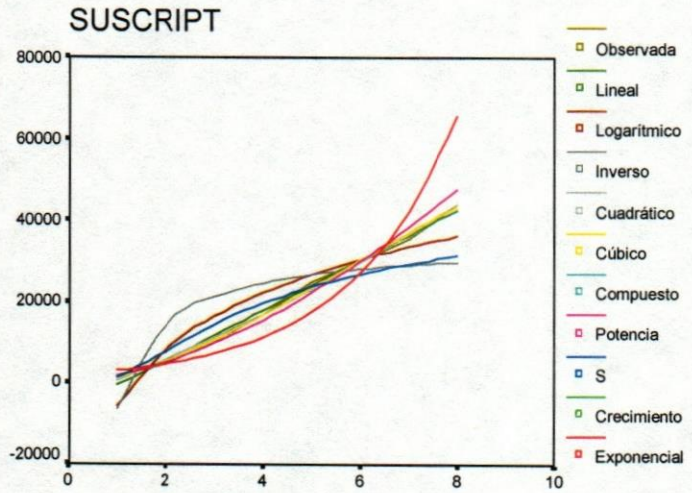
## ANEXO 11: Cálculo de las Regresiones y Pronósticos

Ajuste para Número de Suscriptores vs. Meses

Tabla de datos para realizar la regresión:

| *Mes* | *X* | *Número suscriptores* | *Registro o Pronóstico* |
|---|---|---|---|
| Septiembre 99 | 1 | 1594 | Registro |
| Octubre 99 | 2 | 4653 | Registro |
| Noviembre 99 | 3 | 10143 | Registro |
| Diciembre 99 | 4 | 16851 | Registro |
| Enero 00 | 5 | 24796 | Registro |
| Febrero 00 | 6 | 30056 | Registro |
| Marzo 00 | 7 | 35511 | Registro |
| Abril 00 | 8 | 44096 | Registro |
| Mayo 00 | 9 | 57648 | Pronóstico |
| Junio 00 | 10 | 68401 | Pronóstico |
| Julio 00 | 11 | 79846 | Pronóstico |
| Agosto 00 | 12 | 91959 | Pronóstico |
| Septimbre 00 | 13 | 104719 | Pronóstico |

Resultados de la regresión en SPSS:




| *Tipo de Ajuste* | *Valor de $R^2$* |
|---|---|
| Lineal | 0,992 |
| Logarítmico | 0,873 |
| Inversa | 0,634 |
| Cuadrática | 0,995 |
| Cúbica | 0,995 |
| Compuesta | 0,891 |
| Potencial | 0,996 |
| S | 0,929 |
| Crecimiento | 0,891 |
| Exponencial | 0,891 |

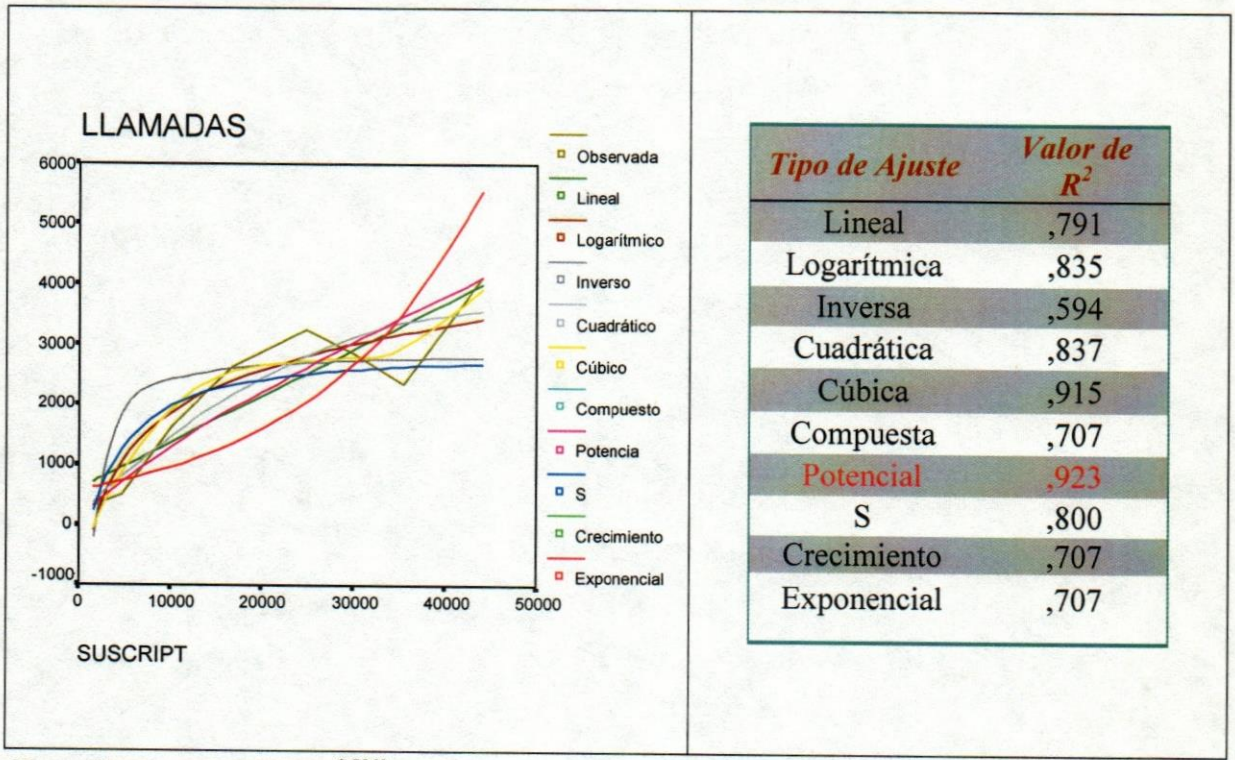
Ecuación: $y = 1628{,}4 * x^{1.6233}$

Ajuste para Número de Llamadas vs. Suscriptores

Tabla de datos para realizar la regresión:

| Mes | Número Suscriptores | Promedio de llamadas diarias | |
|---|---|---|---|
| Septiembre 99 | 1594 | 311 | Registro |
| Octubre 99 | 4653 | 501 | Registro |
| Noviembre 99 | 10143 | 1624 | Registro |
| Diciembre 99 | 16851 | 2635 | Registro |
| Enero 00 | 24786 | 3253 | Registro |
| Febrero 00 | 30056 | 2855 | Registro |
| Marzo 00 | 35511 | 2334 | Registro |
| Abril 00 | 44096 | 4129 | Registro |
| Mayo 00 | 57648 | 5076 | Pronóstico |
| Junio 00 | 68401 | 5807 | Pronóstico |
| Julio 00 | 79846 | 6494 | Pronóstico |
| Agosto 00 | 91959 | 7330 | Pronóstico |
| Septiembre 00 | 104719 | 8119 | Pronóstico |

Resultados de la regresión en SPSS:




| Tipo de Ajuste | Valor de $R^2$ |
|---|---|
| Lineal | ,791 |
| Logarítmica | ,835 |
| Inversa | ,594 |
| Cuadrática | ,837 |
| Cúbica | ,915 |
| Compuesta | ,707 |
| Potencial | ,923 |
| S | ,800 |
| Crecimiento | ,707 |
| Exponencial | ,707 |

Ecuación: $y = 0{,}9104 * x^{0.7869}$

## ANEXO 12: Recomendaciones de la Federal Communications Commission.

*Provides customers with timely, up-to-date, and accurate information promptly and professionally, with the aid of state-of-the-art technological tools.*

You will always be treated with courtesy and can expect the following standards of customer service when interacting with us.

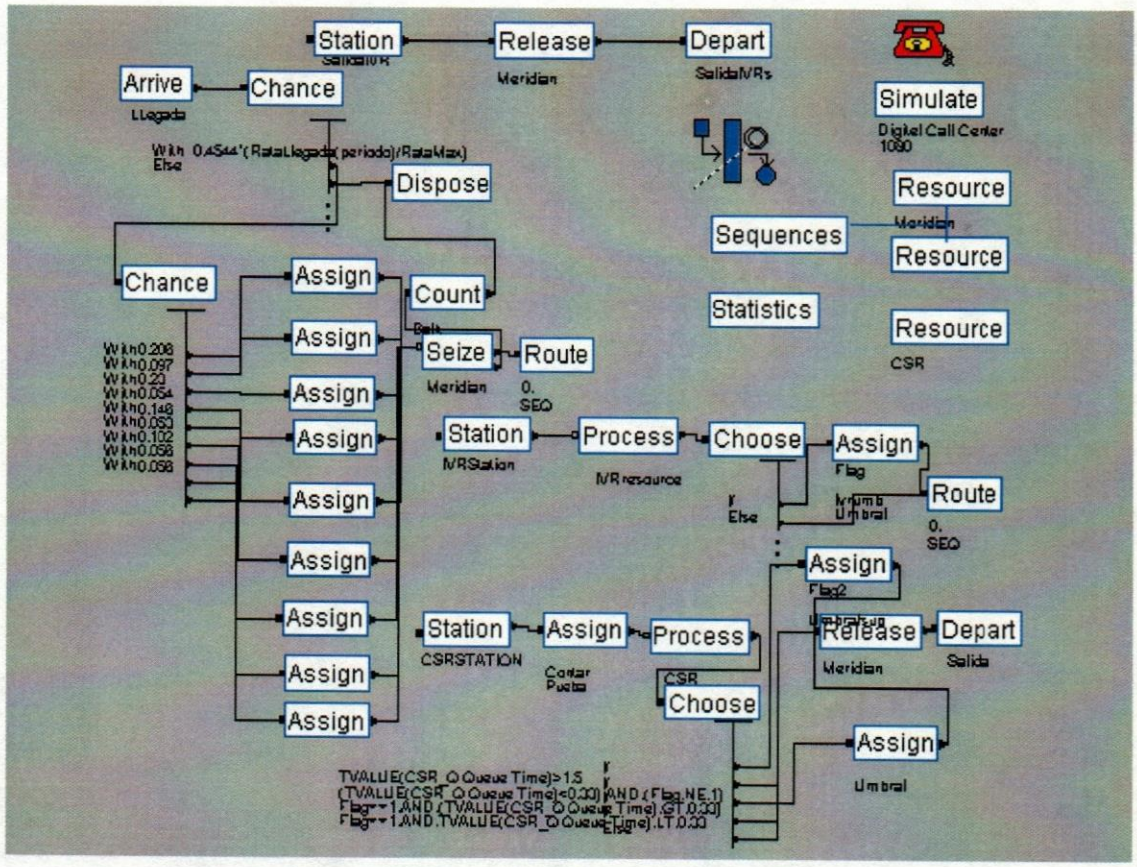
When you telephone:

| | |
|---|---|
| You will receive accurate and up-to-date information in response to your questions. | The Call Center's Expert Advisor System is monitored and upc daily to incorporate new information. Feedback indicates our customers are highly satisfied with our performance. |
| Full-time bilingual services (English/Spanish) will be provided. | Three full-time bilingual team members not only provide full fluency in English and Spanish but also have extensive and vari backgrounds and experience in technical telecommunications specialties and public affairs. Additionally, the Call Center has board an engineer fluent in Spanish. |
| Ordinarily, you will not receive a busy signal when you call our toll-free number. Customers can expect that 80 percent of the time, a call will be answered within 20 seconds. The average time on hold will be no more than 90 seconds. | Between June 1996 and February 1997, the Call Center assiste more than 134,000 customers with an average service level gre than 80 percent and average queue time less than 90 seconds. |
| STANDARD | RESULT |
| In at least 80 percent of the cases, telephone service representatives will be able to furnish information to customers in response to questions raised. When Commission subject matter experts must be consulted, call will be transferred directly from the Call Center to a subject matter expert at no additional cost to the caller. Where possible, a call will not be transferred more than once. | Between June 1996 and February 1997 the Call Center assiste more than 134,000 customers. Less than 10 percent of those customers were referred to subject matter experts by the Call Center. |
| The Call Center will provide headquarters personnel with periodic reports about matters of current interest to the public. | The Call Center routinely provides statistical reports on issues public concern, making those reports available to Headquarters via the Call Center Web site. The Call Center has arranged fo Headquarters access to its database for on-demand reports. |
| The Call Center will coordinate carefully and frequently with the FCC Chairman, Commissioners, bureaus, and offices to ensure that the information given to the public is accurate, up to date, and properly presented. | Our User Information Services Plan requires that we meet mont In addition, Call Center specialists meet with individual bureau/office staff at least once a month. Also, Commission sul matter specialists are invited to provide seminars, workshops, a training sessions on hot topics or new or novel matters. |

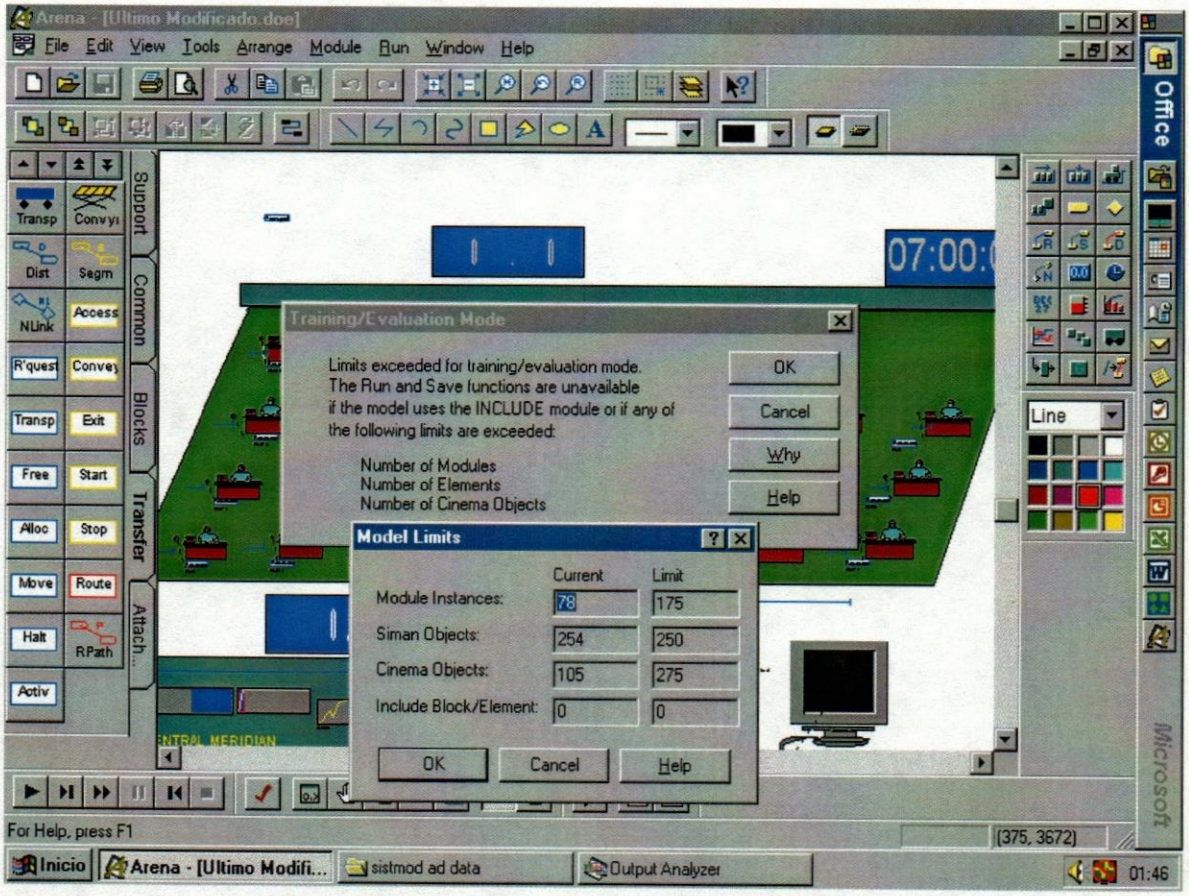
Standards for technological capability

| |
|---|
| The automated call response system will provide information 24 hours a day on the status of pending license applications and other information that can be programmed into the automated system. The Call Center's Interactive Voice Response System is on-line, providing 24-hour information to Land Mobile and Amateur Radio Services customers. Additional databases are being added to provide efficient and quick service to customers. |

## ANEXO 13: Diagramas de la Codificación del Modelo



## ANEXO 14: Limitaciones de la Versión Académica del Paquete:



## ANEXO 15: Tablas de Resultados de las Corridas de la Simulación.

Todas las corridas de simulación utilizan un marco de tiempo de un (1) día

**Resultados de las corridas de simulación para el sistema con configuración propuesta y nivel alto de demanda en las condiciones de Marzo del Año 2000**

| *Variable* | *Media* | *Desviación* | *Medio Intervalo de Confianza 95%* | *Valor Mínimo* | *Valor Máximo* | *Número de Observaciones* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Balked | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1513 |
| Tiempo en cola de los CSR | 0,0264 | 0,0259 | 0,00131 | 0 | 0,419 | 1513 |
| Nivel de Servicio | 99,1 | 0,274 | 0,0138 | 97,4 | 99,5 | 1513 |
| N° Promedio en la Cola CSR | 0,023 | 0,0229 | 0,00115 | 0 | 0,379 | 1513 |
| N° de Llamadas Atendidas | 1390 | 30,6 | 1,54 | 1300 | 1490 | 1513 |
| Umbral Superior | 0,0879 | 0,0965 | 0,00487 | 0 | 0,731 | 1513 |
| Utilización IVR | 0,0317 | 0,00102 | $5{,}16 \times 10^{-5}$ | 0,0287 | 0,0349 | 1513 |
| Utilización CSR | 0,21 | 0,0107 | 0,00054 | 0,177 | 0,248 | 1513 |
| Utilización Meridian | 0,0298 | 0,00105 | $5{,}29 \times 10^{-5}$ | 0,0266 | 0,0355 | 1513 |

**Resultados de las corridas de simulación para el sistema con configuración propuesta y nivel bajo de demanda en las condiciones de Marzo del Año 2000**

| *Variable* | *Media* | *Desviación* | *Medio Intervalo de Confianza 95%* | *Valor Mínimo* | *Valor Máximo* | *Número de Observaciones* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Balked | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2867 |
| Tiempo en cola de los CSR | 0,00819 | 0,0108 | 0,000397 | 0 | 0,155 | 2867 |
| Nivel de Servicio | 98,9 | 0,543 | 0,0199 | 95,8 | 99,6 | 2867 |
| N° Promedio en la Cola CSR | 0,00445 | 0,00594 | 0,000218 | 0 | 0,0838 | 2867 |
| N° de Llamadas Atendidas | 865 | 24,9 | 0,913 | 790 | 961 | 2867 |
| Umbral Superior | 0,0263 | 0,0498 | 0,00182 | 0 | 0,437 | 2867 |
| Utilización IVR | 0,0198 | 0,000781 | $2,86 \times 10^{-5}$ | 0,0175 | 0,0227 | 2867 |
| Utilización CSR | 0,135 | 0,00843 | 0,000309 | 0,108 | 0,164 | 2867 |
| Utilización Meridian | 0,0184 | 0,00759 | $2,78 \times 10^{-5}$ | 0,016 | 0,0211 | 2867 |

**Resultados de las corridas de simulación para el sistema con configuración actual y nivel alto de demanda en las condiciones del pronóstico a Septiembre del año 2000**

| *Variable* | *Media* | *Desviación* | *Medio Intervalo de Confianza 95%* | *Valor Mínimo* | *Valor Máximo* | *Número de Observaciones* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Balked | 355 | 34,6 | 8,24 | 277 | 426 | 70 |
| Tiempo en cola de los CSR | 7,93 | 0,601 | 0,143 | 6,52 | 9,36 | 70 |
| Nivel de Servicio | 54,3 | 4,51 | 1,08 | 41,6 | 63,2 | 70 |
| N° Promedio en la Cola CSR | 32,8 | 2,57 | 0,612 | 26,7 | 38,8 | 70 |
| N° de Llamadas Atendidas | 4340 | 57,9 | 13,8 | 4220 | 4470 | 70 |
| Umbral Superior | 28,1 | 5,8 | 1,38 | 17,6 | 46,1 | 70 |
| Utilización CSR | 0,88 | 0,0099 | 0,00238 | 0,856 | 0,9 | 70 |
| Utilización Meridian | 0,452 | 0,0291 | 0,00693 | 0,384 | 0,521 | 70 |

**Resultados de las corridas de simulación para el sistema con configuración actual y nivel bajo de demanda en las condiciones del pronóstico a Septiembre del año 2000**

| *Variable* | *Media* | *Desviación* | *Medio Intervalo de Confianza 95%* | *Valor Mínimo* | *Valor Máximo* | *Número de Observaciones* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Balked | 38,1 | 21,5 | 1,63 | 0 | 111 | 669 |
| Tiempo en cola de los CSR | 5,32 | 0,667 | 0,0507 | 2,58 | 7,49 | 669 |
| Nivel de Servicio | 90,1 | 1,46 | 0,111 | 85,4 | 93,4 | 669 |
| N° Promedio en la Cola CSR | 14,4 | 1,84 | 0,14 | 7 | 21 | 669 |
| N° de Llamadas Atendidas | 2900 | 49,9 | 3,79 | 2740 | 3040 | 669 |
| Umbral Superior | 4,28 | 1,18 | 0,0897 | 1,4 | 9,04 | 669 |
| Utilización CSR | 0,657 | 0,011 | 0,000836 | 0,619 | 0,688 | 669 |
| Utilización Meridian | 0,219 | 0,0207 | 0,00158 | 0,136 | 0,294 | 669 |

**Resultados de las corridas de simulación para el sistema con configuración propuesta y nivel altp de demanda en las condiciones del pronóstico a Septiembre del año 2000**

| *Variable* | *Media* | *Desviación* | *Medio Intervalo de Confianza 95%* | *Valor Mínimo* | *Valor Máximo* | *Número de Observaciones* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Balked | 71 | 31,3 | 2,5 | 0 | 181 | 603 |
| Tiempo en cola de los CSR | 4,79 | 0,432 | 0,0345 | 3,72 | 6,36 | 603 |
| Nivel de Servicio | 95,7 | 0,884 | 0,0707 | 92,8 | 97,9 | 603 |
| N° Promedio en la Cola CSR | 14,3 | 1,35 | 0,108 | 10,7 | 19,4 | 603 |
| N° Llamadas Atendidas CSR | 3200 | 54,6 | 4,37 | 3050 | 3360 | 603 |
| N° Llamadas Atendidas IVR | 1460 | 39,5 | 3,16 | 1360 | 1570 | 603 |
| Umbral Superior | 2,36 | 0,781 | 0,0624 | 0,85 | 5,48 | 603 |
| Utilización CSR | 0,7 | 0,0121 | 0,000969 | 0,662 | 0,736 | 603 |
| Utilización IVR | 0,109 | 0,00194 | 0,000155 | 0,103 | 0,115 | 603 |
| Utilización Meridian | 0,261 | 0,0155 | 0,00124 | 0,218 | 0,323 | 603 |

**Resultados de las corridas de simulación para el sistema con configuración propuesta y nivel bajo de demanda en las condiciones del pronóstico a Septiembre del año 2000**

| *Variable* | *Media* | *Desviación* | *Medio Intervalo de Confianza 95%* | *Valor Mínimo* | *Valor Máximo* | *Número de Observaciones* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Balked | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 706 |
| Tiempo en cola de los CSR | 1,53 | 0,842 | 0,0622 | 0,13 | 4,92 | 706 |
| Nivel de Servicio | 98,6 | 0,343 | 0,0254 | 97,2 | 99,3 | 706 |
| N° Promedio en la Cola CSR | 2,88 | 1,6 | 0,118 | 0,234 | 9,57 | 706 |
| N° Llamadas Atendidas CSR | 2030 | 45,7 | 3,37 | 1900 | 2160 | 706 |
| N° Llamadas Atendidas IVR | 923 | 30,5 | 2,25 | 840 | 1030 | 706 |
| Umbral Superior | 1,2 | 0,231 | 0,0171 | 0,434 | 2,11 | 706 |
| Utilización CSR | 0,469 | 0,0166 | 0,00123 | 0,423 | 0,524 | 706 |
| Utilización IVR | 0,0687 | 0,00148 | 0,000109 | 0,0644 | 0,0739 | 706 |
| Utilización Meridian | 0,096 | 0,0183 | 0,0135 | 0,0638 | 0,173 | 706 |

**Resultados de las corridas de simulación para el sistema con configuración actual y nivel alto de demanda en las condiciones de Marzo del Año 2000**

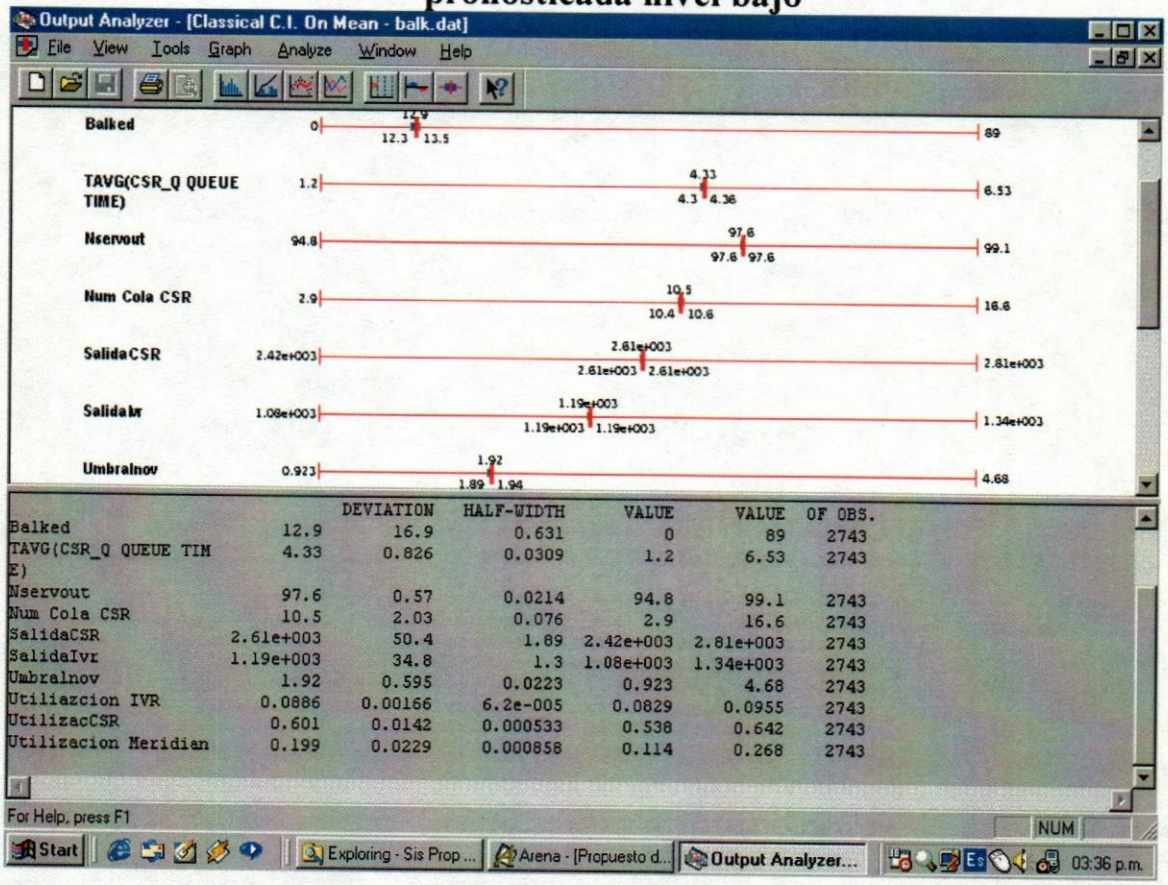
| *Variable* | *Media* | *Desviación* | *Medio Intervalo de Confianza 95%* | *Valor Mínimo* | *Valor Máximo* | *Número de Observaciones* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Balked | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1358 |
| Tiempo en cola de los CSR | 0,111 | 0,106 | 0,00564 | 0,00896 | 0,955 | 1358 |
| Nivel de Servicio | 97,5 | 0,414 | 0,022 | 95,2 | 98,5 | 1358 |
| N° Promedio en la Cola CSR | 0,141 | 0,136 | 0,00724 | 0,0106 | 1,31 | 1358 |
| N° de Llamadas Atendidas | 1370 | 35,5 | 1,89 | 1230 | 1500 | 1358 |
| Umbral Superior | 0,464 | 0,316 | 0,0168 | 0 | 1,73 | 1358 |
| Utilización CSR | 0,307 | 0,0129 | 0,000689 | 0,261 | 0,349 | 1358 |
| Utilización Meridian | 0,0293 | 0,00198 | 0,000105 | 0,0249 | 0,0436 | 1358 |

**Resultados de las corridas de simulación para el sistema con configuración actual y nivel bajo de demanda en las condiciones de Marzo del Año 2000**

| *Variable* | *Media* | *Desviación* | *Medio Intervalo de Confianza 95%* | *Valor Mínimo* | *Valor Máximo* | *Número de Observaciones* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Balked | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1167 |
| Tiempo en cola de los CSR | 0,0252 | 0,0226 | 0,0013 | 0,000357 | 0,203 | 1167 |
| Nivel de Servicio | 97,8 | 0,617 | 0,0354 | 94,4 | 98,9 | 1167 |
| N° Promedio en la Cola CSR | 0,0198 | 0,0178 | 0,00102 | 0,000269 | 0,164 | 1167 |
| N° de Llamadas Atendidas | 849 | 29,4 | 1,69 | 756 | 943 | 1167 |
| Umbral Superior | 0,12 | 0,133 | 0,00763 | 0 | 1,04 | 1167 |
| Utilización CSR | 0,197 | 0,0104 | 0,0006 | 0,161 | 0,227 | 1167 |
| Utilización Meridian | 0,0174 | 0,000825 | $4{,}74 \times 10^{-5}$ | 0,0144 | 0,0201 | 1167 |

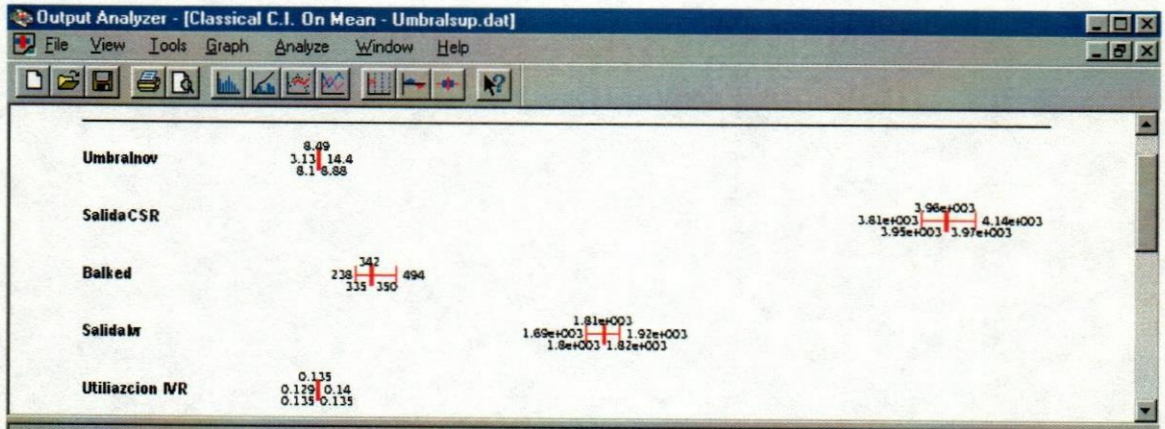
## ANEXO 16: Pantallas de Resultados de las Salidas delas Corridas

### Resultados de la Simulación de la configuración propuesta demanda pronosticada nivel bajo

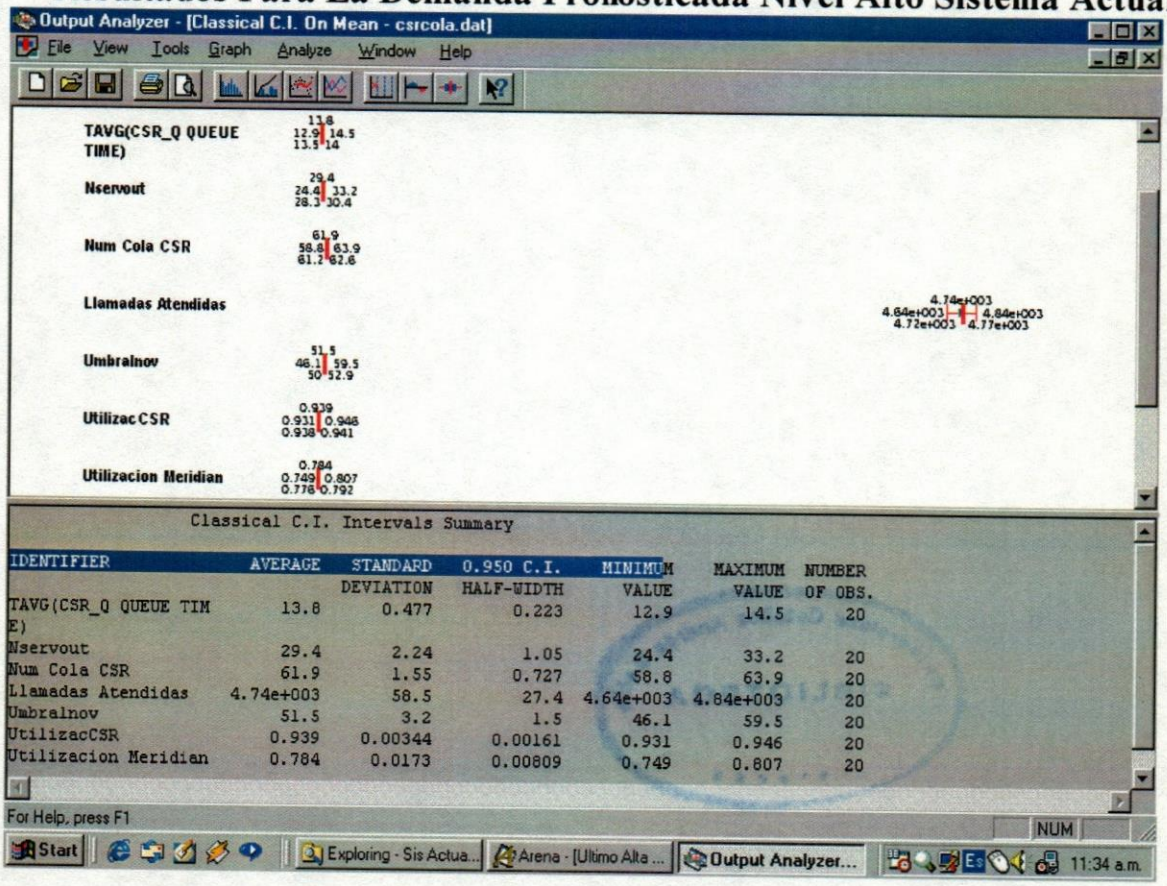



| | | DEVIATION | HALF-WIDTH | VALUE | VALUE | OF OBS. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Balked | 12.9 | 16.9 | 0.631 | 0 | 89 | 2743 |
| TAVG(CSR_Q QUEUE TIME) | 4.33 | 0.826 | 0.0309 | 1.2 | 6.53 | 2743 |
| Nservout | 97.6 | 0.57 | 0.0214 | 94.8 | 99.1 | 2743 |
| Num Cola CSR | 10.5 | 2.03 | 0.076 | 2.9 | 16.6 | 2743 |
| SalidaCSR | 2.61e+003 | 50.4 | 1.89 | 2.42e+003 | 2.81e+003 | 2743 |
| SalidaIvr | 1.19e+003 | 34.8 | 1.3 | 1.08e+003 | 1.34e+003 | 2743 |
| Umbralnov | 1.92 | 0.595 | 0.0223 | 0.923 | 4.68 | 2743 |
| Utiliazcion IVR | 0.0886 | 0.00166 | 6.2e-005 | 0.0829 | 0.0955 | 2743 |
| UtilizacCSR | 0.601 | 0.0142 | 0.000533 | 0.538 | 0.642 | 2743 |
| Utilizacion Meridian | 0.199 | 0.0229 | 0.000858 | 0.114 | 0.268 | 2743 |

# Resultados de la Simulación Demanda Pronosticada con la Configuración Propuesta Nivel Alto




Configuración Propuesta Demanda Pronosticada Nivel Alto

| IDENTIFIER | AVERAGE | STANDARD DEVIATION | 0.950 C.I. HALF-WIDTH | MINIMUM VALUE | MAXIMUM VALUE | NUMBER OF OBS. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Umbralnov | 8.49 | 2.65 | 0.39 | 3.13 | 14.4 | 180 |
| SalidaCSR | 3.96e+003 | 59.9 | 8.81 | 3.81e+003 | 4.14e+003 | 180 |
| Balked | 342 | 50.8 | 7.46 | 238 | 494 | 180 |
| SalidaIvr | 1.81e+003 | 46.3 | 6.81 | 1.69e+003 | 1.92e+003 | 180 |
| Utiliazcion IVR | 0.135 | 0.00226 | 0.000332 | 0.129 | 0.14 | 180 |
| UtilizacCSR | 0.82 | 0.0108 | 0.00159 | 0.778 | 0.854 | 180 |
| Utilizacion Meridian | 0.392 | 0.0196 | 0.00288 | 0.34 | 0.458 | 180 |
| TAVG(CSR_Q QUEUE TIME) | 6.41 | 0.441 | 0.0649 | 5.02 | 7.85 | 180 |
| Nservout | 89.6 | 1.84 | 0.271 | 85.1 | 93.7 | 180 |
| Num Cola CSR | 24 | 1.72 | 0.253 | 19.1 | 29.8 | 180 |

## Resultados Para La Demanda Pronosticada Nivel Alto Sistema Actual