

PRTEST: SERIAL COMMUNICATION TEST SYSTEM (SISTEMA DE DIAGNÓSTICO DE COMUNICACIÓN SERIAL.)

Designed and Developed by Eng. Raimundo Rodulfo, 1994

ORIGINAL PAPERS IN SPANISH

Aquí, más que describir este proyecto en particular, voy a explicar los procedimientos y metodologías que empleé para llevarlo a cabo.

1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

1.1.1 Especificaciones Técnicas.

- Basado en un sistema digital inteligente (microcomputador).
- Diseñado para diagnosticar fallas de comunicación en los siguientes equipos con protocolo de comunicación serial:
 - Cualquier impresora serial (Series de la 644X a la 645X; printers de libretas bancarias, ATM's -cajeros automáticos-, PC's financieros, cajas registradoras automáticas, etc.).
 - Cualquier puerto e interfaces seriales de PC's, y por ende monitores y periféricos conectados a terminales de línea.
 - Equipos terminales y de comunicación de datos (DTE y DCE) como Modems y Multiplexores de línea.
- Totalmente configurable para trabajar en los siguientes modos y parámetros de operación:
 - Velocidad de Transmisión (150 a 19200 Baudios).
 - Paridad (Par, Impar o Ninguna).
 - Número de Caracteres (128 caracteres ASCII: sin capacidad gráfica y 256 caracteres ASCII: con capacidad gráfica).
 - Tipo de Impresora (Series 644X a 645X, 5223, etc.).
- Portátil (diseño ergonómico, de poco tamaño y peso, que permite ser llevado por los técnicos de campo en sus maletines de herramientas, y fácilmente conectado al equipo a probar y a la alimentación -se proyectó para ser alimentado directamente de la red AC de 110 V -).
- De fácil operación y mantenimiento (no requiere de un entrenamiento especial a los técnicos para ser configurado y utilizado).
- Proyectado al menor costo posible manteniendo las especificaciones dadas y un alto nivel de calidad y *performance*, con una vida operativa útil que justifica su costo de fabricación.

El equipo diseñado fue producido en serie en una cantidad inicial mínima de 10 unidades, a ser distribuidas entre los técnicos de campo y Rework Center. Estaba acompañado de un manual detallado para uso y mantenimiento.

1.1.2. Realización del Proyecto.

La elaboración del proyecto requirió de varias fases de ejecución, las cuales se exponen a continuación.

1.1.2.1. Diseño.

En esta fase se tomaron decisiones, y se comenzó a desarrollar la idea y los criterios iniciales (con base en la información anteriormente levantada), dando forma, tras un proceso de sucesivas estructuraciones y enmiendas para adaptar el sistema a las especificaciones, a lo que sería la configuración de la estructura básica o patrón del diseño (en borrador). Este proceso incluyó por una parte el diseño del hardware (circuitería y caja) y por otra el diseño del software (programas en bajo nivel -lenguaje máquina- que comandarían las acciones del sistema). Este proceso se llevó a cabo utilizando procedimientos avanzados de CAD (Diseño Asistido por Computador, *siglas en inglés*), mediante software especializado de ingeniería electrónica, para diseño de planos electrónicos, circuitos impresos y sistemas de hardware y software de bajo nivel, y para simulación de sistemas inteligentes. Los paquetes utilizados fueron: ORCAD, SMART WORK, Ensamblador y Simulador del Microcontrolador 8751 (Xasm51 y Avsim51 de Avocet, y AvMac51 y AvLink51 de AvMac), Programas de Comunicación (Mirror, Lab-Lim y NCR Com -este último desarrollado especialmente por NCR para tareas de comunicación entre sus sistemas-), además del editor de MS-DOS 6.0 y paquetes gráficos en el entorno WINDOWS (MS Word y Harvard Graphic).

1.1.2.2. Montaje, Prueba y Depuración del Prototipo Inicial.

En esta fase se implementó el equipo a nivel de prototipo, y se realizaron las primeras pruebas, que condujeron a numerosas revisiones y cambios en los planos elaborados en la fase anterior. Después de lograr la operatividad del equipo (realizando diagnósticos de prueba), se siguió un minucioso proceso de depuración, en el que éste se probó en todas sus condiciones de operación, verificando su funcionamiento óptimo en la satisfacción de las especificaciones.

1.1.2.3. Proceso de Estudio y Tramitación de la Producción Final.

Para efectos de la fabricación del equipo en la etapa final del proyecto, fué necesaria la realización de una serie de trámites dentro y fuera de la empresa, necesarios para cumplir con una serie de requisitos de índole administrativos y procedimentales de la misma. Éstos fueron:

- Elaboración de una lista detallada de todas las partes y componentes del equipo.
- Ubicación en las microfichas y en la base de datos a través del terminal de la línea de Stock, de aquellos componentes

disponibles en el almacén, y de aquellos que poseen número de parte interno y pueden ser pedidos a Estados Unidos.

- Contratación de la empresa encargada de la fabricación de las placas de los circuitos impresos (incluyó contactos telefónicos y visitas personales a tres empresas, que enviaron sus cotizaciones vía fax, escogiéndose la que presentó una mejor oferta calidad-precio, con la cual se firmó el contrato).
- Elaboración de la solicitud de componentes con número de parte interno a la Gerencia de Logística, especificando sus respectivos precios en USD's (información obtenidas de las microfichas).
- Elaboración de la lista de componentes sin número de parte interno, y de las solicitudes de cotización a las empresas de distribución y ventas de componentes electrónicos (esto incluyó entrevistas con los departamentos de ventas de las empresas visitadas y con vendedores corporativos, además de supervisión en la escogencia de los componentes y envío y recepción de listas de precios vía fax).
- Elaboración de un estudio de costos de la producción.
- Tramitación interna en la Gerencia Administrativa de la aprobación del presupuesto para la compra de los componentes a las empresas cuyas cotizaciones fueron sometidas a la consideración de la misma.

1.1.2.4. Proceso de Construcción de los Equipos.

- Montaje y soldadura de los componentes en las placas.
- Ensamblaje final de los equipos.
- Prueba de los equipos ensamblados (control de calidad).

Todas las actividades involucradas en las diferentes etapas de ejecución de este proyecto se muestran en la figura 1.1, a través de una Carta de Gant, en la que se especifica la distribución de éstas en el período de tiempo que duró la realización total del proyecto. La planificación inicial de actividades se hizo sobre la base de proyección de cumplimiento de objetivos en lapsos de tiempo prefijados. Comparando el cronograma de actividades establecido en un principio, con los resultados obtenidos, resumidos en el estudio que se presenta a continuación con la Carta de Gant, se observa que éste se cumplió a cabalidad, inclusive con varios días de holgura en algunas de las etapas.

FIGURA 1.1
CARTA DE GANT DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

ETAPA	ACTIVIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Recopilación de material	█	█									
	Consultas	█	█									
2	Diseño de Hardware		█	█								
	Diseño de Software		█	█	█							
3	Montaje del Prototipo					█						
	Prueba y Depuración						█					
4	Búsqueda de Partes						█					
	Fabricación Circuito Impreso						█	█	█	█		
	Solicitud de Componentes							█	█	█		
	Búsqueda de Cotizaciones							█	█			
	Trámites Administrativos									█	█	
5	Montaje de Componentes											█
	Ensamblaje Final											█
	Prueba [Control de Calidad]											█

1.2. *SOFTWARE DE DIAGNÓSTICO DE COMUNICACIÓN.*

Este sistema fue realizado paralelamente al proyecto anterior. Surgió de una inquietud personal y espontánea de complementar el proyecto que me había sido encomendado, con un software que permitiese simular el funcionamiento del equipo de diagnóstico diseñado desde un computador, de manera de contar con una herramienta incluso mas poderosa que éste, salvo en la portabilidad (que deja de ser un impedimento si se cuenta con un PC portátil tipo Notebook o Laptop para el trabajo de campo). El software diseñado simula desde el PC todas las funciones de diagnóstico del equipo **PRTSERIE V-1.0** (nombre que asigné al proyecto encomendado, descrito en 1.1), permitiendo una prestación adicional: efectuar diagnóstico de comunicación a equipos con protocolo paralelo. El programa fué llamado **PRTEST 1.0**.

Un aspecto de la ingeniería que rara vez es tocado en los textos académicos, es uno que tiene que ver más con el desempeño profesional en el mundo real: los estudios de factibilidad económica y disponibilidad de recursos materiales y administrativos para acometer un proyecto. Yo estuve a cargo de todos los procesos del proyecto, desde el diseño, construcción y depuración hasta la producción final. Esto requirió de estudios de operaciones y costos, que detallo a continuación.

2.1. *ESTUDIO DE TIEMPO REALIZADO EN REWORK CENTER.*

Este estudio corresponde a la medición del tiempo que tarda un técnico de Rework Center en atender la llegada de un equipo dañado, tanto en los trámites de ingreso y despacho como en el proceso de reparación y prueba en sí.

La inmensa gama de equipos y fallas existentes, conjugado con las diferencias de adiestramiento, experiencia y capacidad entre los técnicos, introducen una serie de factores que deben ser considerados al realizar estos estudios, si se desea que las muestras evaluadas sean lo mas uniforme posible (en los aspectos distintos a la variable observada), en miras a garantizar la aleatoriedad de las mismas.

Por esta razón, se escogieron para el estudio de tiempo, aquellos trabajos de reparación efectuados en equipos de computación (PC's -de uso general y de aplicación-, accesorios y periféricos), por ser este tipo de equipos el que mayor ocurrencia tiene en la producción del departamento. Esta tendencia se confirmó realizando una revisión de los archivos de hojas de producción del departamento, en el que se determinó que un 68.3% de la producción son equipos de computación, mayormente PC's de escritorio y financieros, dispositivos periféricos y de interface, como impresoras, modems, hard disks, etc.; seguidos de ATM's, fuentes, equipos de medición y equipos analógicos diversos.

Se hizo una discriminación, a la hora de realizar el estudio, de cuáles reparaciones se hacían por PC1's (Código de Prioridad 1 -emergencias-) y de cuáles se hacían por Memoranda o por Producción Interna (remitidos de otras sedes, sucursales o de oficinas internas), ya que el técnico trabaja bajo presiones de tiempo distintas en cada caso: ¡un PC1 debe salir cuanto antes, mientras que un memorándum o una Producción Interna pueden dormir un largo sueño, incluso de meses, en el Stock!. Se tienen, por lo tanto, dos categorías de reparación, mostradas en la tabla 2.1.

**TABLA 2.1
CATEGORÍAS DE PRODUCCIÓN**

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
A	PC1 (Emergencia)
B	Memorándum ó Producción Interna

Se estudiaron tres tipos de producción, definidos por el tipo de tarjeta o equipo reparado: Tarjetas Internas (aquellas localizadas dentro de la caja del CPU -Mother Board, Hard Disks y Drivers Controllers, etc.-), Tarjetas de Impresoras (Printers Paralelo y Serial) y Monitores. La tabla 2.2 muestra esta clasificación.

**TABLA 2.2
TIPOS DE PRODUCCIÓN**

TIPO	DESCRIPCIÓN
1	Tarjetas Internas (CPU)
2	Impresoras
3	Monitores

Además, se dividió el proceso de reparación en cinco actividades básicas, las cuales siguen un orden de ejecución secuencial (lo que facilitó enormemente su evaluación); éstas son: *Trámite de Entrada* (comprende la verificación por parte del técnico de la existencia de un ingreso de producción, a través de un terminal conectado a la red de stock -la mayoría de las veces es participado de éste por parte del supervisor, quién le asigna el trabajo-, el proceso de tramitar en stock la solicitud de parte y el traslado de ésta a Rework Center), *Diagnóstico* (es el proceso mediante el cual se determinan las causas que originan el malfuncionamiento del equipo o tarjeta -diagnóstico de fallas-, que puede incluir un proceso de diagnóstico automatizado o un proceso de ensayo y error -modificar → verificar → modificar...-), *Corrección* (una vez identificadas las causas de la falla se procede a corregirlas), *Prueba* (el equipo una vez reparado es sometido a un período de prueba en el que se deja funcionando de forma continua -generalmente realizándose a sí mismo un test interno permanente- el tiempo prudencial necesario para garantizar su estado operativo -esto constituye el control de calidad de la producción-) y *Trámite de Salida* (comprende el proceso de llenar el formato de producción y de efectuar la transferencia a Stock de la producción -equipo o tarjeta reparada-). En la tabla 2.3 se exponen estas actividades, y en la figura 2.1 se ilustra cómo participan en el ciclo del proceso productivo del departamento.

TABLA 2.3
ACTIVIDADES SECUENCIALES DE PRODUCCIÓN

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
1	Trámite de Entrada
2	Diagnóstico
3	Corrección
4	Prueba
5	Trámite de Salida

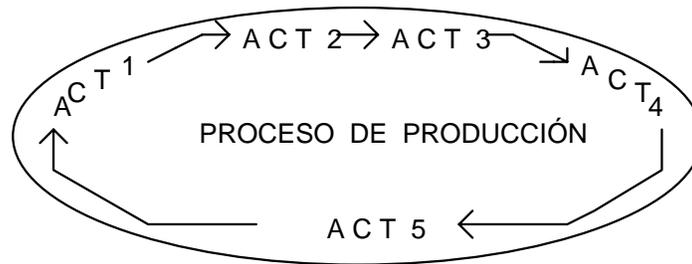


FIGURA 2.1

Con la finalidad de obtener datos de utilidad en la posterior evaluación de las ventajas de la utilización del equipo y el software de diagnóstico de comunicación diseñado, frente a los procedimientos anteriores de diagnóstico y prueba seguidos por los técnicos; a todos aquellos procesos (actividades 2 y 4) que hayan sido realizados utilizando el equipo diseñado (en impresoras seriales, tarjetas de modem o en puertos seriales de PC), se les colocará el identificador "Δ", mientras que a los que hayan sido realizados en procesos análogos (pruebas de comunicación serial) por los métodos tradicionales (ensayo y error), se les colocará el identificador "∇".

Para garantizar que el estudio de tiempo se aplicase en un **Ritmo Normal** (evitando los ritmos lentos y forzados), éste se decidió efectuar en aquellos técnicos cuyo rendimiento estuviese mas cerca del promedio. Para obtener un indicador confiable del rendimiento de los técnicos, se partió de la base de datos estadísticos sobre la producción del departamento durante el año 1993, en el que se analiza el comportamiento de varios indicadores, como: cantidad por mes y porcentaje anual de producción por PC1 y por Memorándum, cantidades de reparaciones por mes (comparación con el año anterior), porcentajes de producción alcanzados por mes (respecto a la cuota asignada al departamento y respecto a la producción total alcanzada al final del año), y los porcentajes de producción anual por técnico (respecto a la cuota asignada a cada técnico por el Supervisor); cuyos resultados gráficos se muestran en el apéndice B. De los indicadores evaluados en el trabajo antes mencionado, se escogió el de *Porcentajes de Producción Anual Por Técnico*, por ser éste un indicador más representativo del rendimiento de un técnico que otros, como por ejemplo las cantidades de reparaciones efectuadas, ya que toma en cuenta la cuota asignada a cada técnico por el supervisor, el cual considera las aptitudes y características individuales de cada uno al distribuir la producción del departamento.

En la tabla correspondiente a los porcentajes de producción alcanzados por cada técnico durante el año 1993, se pudo observar una tendencia a la uniformidad (sin tomar en cuenta los casos extremos bajo y alto). Si descartamos la del técnico con

mayor rendimiento, y la del técnico con menor rendimiento, obtenemos el siguiente valor promedio:

$$\bar{X} = \frac{113 + 120 + 144 + 118 + 138 + 107 + 133}{7} = 124.7$$

Las menores desviaciones $|X - \bar{X}|$ las presentan los técnicos T1, T2 y T3; por lo tanto, éstos fueron escogidos para ser efectuado el estudio de tiempo a su trabajo de reparación de tarjetas de PC's y periféricos. Los técnicos evaluados se identifican mediante la nomenclatura Ti (i: 1,2,3).

Las mediciones fueron realizadas utilizando un cronómetro y una tabla donde se llevó un registro de la hora exacta de inicio y de fin de las etapas de cada reparación evaluada, y las muestras corresponden a las reparaciones de tarjetas de PC's y accesorios durante 12 días (hábiles) de medición, del 16/02/94 al 03/03/94. En los casos en que una reparación se detuvo al final de una jornada de trabajo o durante las horas de almuerzo o descanso y se continuó al siguiente día laboral o al término del descanso, también se detuvo la medición del tiempo durante el lapso fuera del horario de trabajo, con excepción de las horas de prueba de los equipos reparados que pueden extenderse de un día para otro inclusive. Esta consideración parte del hecho que lo que se desea evaluar en realidad es el tiempo que utiliza un técnico de sus horas laborales para reparar un equipo, y de hecho, en *Rework Center* los técnicos no laboran horas extras, por lo que su trabajo está restringido al horario de trabajo de dos turnos: 7:30 a.m. a 11:30 a.m. y 1:30 p.m. a 5:30 p.m.

TABLA 2.5
RESULTADOS OBTENIDOS DEL ESTUDIO DE TIEMPO DE LA PRODUCCIÓN

	ACTIVIDAD	CATEGORÍA	TIPO	TÉCNICO
23'32"	1	A	1	2
55'06"	2			
01:35'40"	3			
18:06'38"	4			
40'02"	5			
28'17"	1	A	1	3
10:29'25"	2			
41'09"	3			
16:03'57"	4			
38'12"	5			
36'30"	1	A	2	3
03:54'08"	2 ▽			
01:05'44"	3			
02:19'24"	4 ▽			
45'17"	5			
12'11"	1	A	2	1
43'58"	2 Δ			
01:33'07"	3			
25'49"	4 Δ			
41'13"	5			
15'05"	1	A	1	1
01:08'22"	2			
01:37'12"	3			
18:28'51"	4			
39'34"	5			
26'47"	1	B	3	1
01:27'09"	2 Δ			
31'56"	3			
03:57'02"	4 Δ			
18'11"	5			
45'40"	1	A	1	3
01'25'55"	2			
13'32"	3			
07:27'27"	4			
32'05"	5			

TABLA 5.5 (Continuación)

TIEMPO	ACTIVIDAD	CATEGORÍA	TIPO	TÉCNICO
20'19"	1	A	1	1
01:07'13"	2 ▽			
41'51"	3			
14:09'49"	4 ▽			
45'12"	5			
37'43"	1	B	2	3
03:55'04"	2			
01:16'29"	3			
02:44'31"	4			
28'11"	5			
29'27"	1	A	1	2
07:49'39"	2			
01:53'19"	3			
09:01'34"	4			
48'55"	5			
43'02"	1	B	1	2
38'17"	2 Δ			
57'09"	3			
01:14'21"	4 Δ			
29'24"	5			
14'23"	1	B	2	1
01:07'46"	2 Δ			
02:54'32"	3			
05:37'57"	4 Δ			
21'48"	5			
15'03"	1	B	2	3
58'36"	2			
01:57'13"	3			
10:28'05"	4			
27'50"	5			
42'23"	1	A	1	1
01:22'41"	2			
01:17'15"	3			
08:36'19"	4			
39'08"	5			

TABLA 5.5 (Continuación)

TIEMPO	ACTIVIDAD	CATEGORÍA	TIPO	TÉCNICO
42'11"	1	A	3	3
48'33"	2 Δ			
51'27"	3			
03:05'57"	4 Δ			
45'13"	5			
39'47"	1	A	3	3
01:35'42"	2			
01:22'10"	3			
07:54'23"	4			
32'15"	5			
27'09"	1	A	1	1
02:13'56"	2			
01:17'44"	3			
06:49'07"	4			
44'13"	5			

Tomando en cuenta que una reparación involucra, por parte del técnico que la ejecuta, la realización de las cinco actividades secuenciales descritas en la tabla 2.3 (como se ilustra en la figura 2.1), se elaboraron las tablas 2.6 a 2.11, que resumen los resultados obtenidos de las mediciones realizadas.

**TABLA 2.6
RESUMEN DEL ESTUDIO DE TIEMPO DE LA ACTIVIDAD 1**

	ACTIVIDAD	TIPO			CATEGORÍA	
		1	2	3	A	B
NÚMERO DE MUESTRAS	17	9	5	3	12	5
PORCENTAJE DE OCURRENCIA	100 %	52.9%	29.4%	17.6%	70.6%	29.4%
LÍMITE INFERIOR	12'11"	15'05"	12'11"	26'47"	12'11"	14'23"
LÍMITE SUPERIOR	45'40"	45'40"	37'43"	42'11"	45'40"	43'02"
PROMEDIO	29'39"	30'54"	33'18"	36'27"	30'22"	27'04"

**TABLA 2.7
RESUMEN DEL ESTUDIO DE TIEMPO DE LA ACTIVIDAD 2**

	ACTIVIDAD	TIPO			CATEGORÍA	
		1	2	3	A	B
NÚMERO DE MUESTRAS	17	9	5	3	12	5
PORCENTAJE DE OCURRENCIA	100 %	52.9%	29.4%	17.6%	70.6%	29.4%
LÍMITE INFERIOR	38'17"	38'17"	43'58"	48'33"	43'58"	38'17"
LÍMITE SUPERIOR	10:29'25"	0:29'25"	3:55'04"	01:35'42"	0:29'25"	3:55'04"
PROMEDIO	02:46'23"	3:11'27"	2:16'11"	01:03'39"	2:45'19"	01:34'56"

**TABLA 2.8
RESUMEN DEL ESTUDIO DE TIEMPO DE LA ACTIVIDAD 3**

	ACTIVIDAD	T I P O			CATEGORÍA	
		1	2	3	A	B
NÚMERO DE MUESTRAS	17	9	5	3	12	5
PORCENTAJE DE OCURRENCIA	100 %	52.9%	29.4%	17.6%	70.6%	29.4%
LÍMITE INFERIOR	13'32"	13'32"	01:05'44"	01:56'31"	13'32"	01:56'31"
LÍMITE SUPERIOR	02:54'32"	01:53'19"	02:54'32"	01:22'10"	01:53'19"	02:54'32"
PROMEDIO	01:26'28"	01:08'34"	01:47'23"	01:57'18"	01:17'09"	01:52'49"

TABLA 2.9
RESUMEN DEL ESTUDIO DE TIEMPO DE LA ACTIVIDAD 4

	ACTIVIDAD	T I P O			CATEGORÍA	
		1	2	3	A	B
NÚMERO DE MUESTRAS	17	9	5	3	12	5
PORCENTAJE DE OCURRENCIA	100 %	52.9%	29.4%	17.6%	70.6%	29.4%
LÍMITE INFERIOR	25'49"	01:14'21"	02:54'49"	03:05'57"	25'49"	01:14'21"
LÍMITE SUPERIOR	18:28'51"	08:28'51"	02:28'05"	07:54'23"	08:28'51"	02:28'05"
PROMEDIO	08:02'31"	01:09'36"	04:32'16"	05:45'12"	09:36'23"	04:28'56"

TABLA 2.10
RESUMEN DEL ESTUDIO DE TIEMPO DE LA ACTIVIDAD 5

	ACTIVIDAD	T I P O			CATEGORÍA	
		1	2	3	A	B
NÚMERO DE MUESTRAS	17	9	5	3	12	5
PORCENTAJE DE OCURRENCIA	100 %	52.9%	29.4%	17.6%	70.6%	29.4%
LÍMITE INFERIOR	18'11"	29'24"	21'48"	18'11"	32'15"	18'11"
LÍMITE SUPERIOR	48'55"	48'55"	45'17"	45'13"	48'55"	29'24"
PROMEDIO	36'26"	39'47"	32'18"	31'57"	40'54"	25'11"

TABLA 2.11
RESUMEN DEL ESTUDIO DE TIEMPO DE LA PRODUCCIÓN

	REPARACIÓN	T I P O			CATEGORÍA	
		1	2	3	A	B
NÚMERO DE MUESTRAS	17	9	5	3	12	5
PORCENTAJE DE OCURRENCIA	100 %	52.9%	29.4%	17.6%	70.6%	29.4%
LÍMITE INFERIOR	04:56'41"	00:34'17"	04:56'41"	07:32'19"	01:48'33"	04:56'41"
LÍMITE SUPERIOR	22:58'51"	21:15'47"	03:08'24"	22:58'51"	22:58'51"	03:08'24"
PROMEDIO	12:58'13"	06:37'51"	07:15'21"	08:37'45"	04:55'16"	09:27'41"

- **ALGUNAS CONCLUSIONES QUE PUEDEN EXTRAERSE DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL ESTUDIO DE TIEMPO REALIZADO:**

- i. Se reafirma la tendencia observada en los antecedentes consultados, de una frecuencia de ocurrencia apreciablemente mayor en la reparación de tarjetas internas de PC's (Tipo 1), en comparación a los otros tipos de producción (Tipo 2 y Tipo 1).
- ii. La muestra estudiada presenta una superioridad en frecuencia de ocurrencia de producciones de PC1's (Categoría A) sobre producciones de Memoranda y P.I. (Categoría B), lo cual aparentemente contradice lo que se sabe por experiencia en el departamento, y contrasta con lo observado en el estudio realizado sobre la producción de Rework Center para 1993 (Ver Anexo B, Figura B-1), en el que se obtuvo un porcentaje de producción de PC1's de apenas 4.7 %. Las causas son las siguientes: *a)* En los primeros meses del año la actividad de las sucursales es muy escasa, en comparación a los meses a partir de Abril, lo que acarrea que se reciban muy pocos memoranda durante éstos. Esta poca actividad también se ve reflejada en la producción interna, que merma considerablemente a principios de año. Por el contrario, la producción de PC1's se ve incrementada en los primeros días del año, ya que muchos clientes tienen equipos dañados acumulados desde Diciembre, debido que en ese mes casi no se reciben equipos, y los que se aceptan se postergan para el año entrante; *b)* La mayoría de los PC1's son producciones de equipos de computación - PC's, Periféricos y Accesorios -, por lo cual, al centrarse el estudio en esa área de producción, es lógico que un elevado porcentaje de las muestras pertenezcan a ese conjunto; y *c)* Dos de los técnicos evaluados -T1 y T2- son los técnicos con mas especialización en PC's del departamento, por lo que el supervisor les dá preferencia a la hora de asignar los PC1's de computadoras.
- iii. Los técnicos presentan una tendencia a realizar las actividades 1,2,3 y 5 con mas rapidez en los PC1's que en la otra categoría de producción -como era de esperarse-, pero en la actividad 5 (prueba) se observa una tendencia inversa, de un mayor consumo de tiempo en la prueba - control de calidad - de los PC1's reparados que en los otros. Esto es debido a que la mayoría de las muestras estudiadas son PC1's -como se explicó en (ii)-, y de éstos, casi todos pertenecen a los tipos 1 y 2 -CPU's y Monitores -, los cuales ameritan un largo período de prueba, y en el caso de los primeros, éstas pruebas son de cierta complejidad, ya que ameritan la realización de test especializados. Estos factores traen como consecuencia que se demore, en promedio, mas tiempo en la producción de un PC1 que en la de un Memorándum o P.I.

iv. *Tiempo Recomendado para Realizar una Reparación:*

TIPO 1: 16:37'51"

TIPO 2: 07:15'21"

TIPO 3: 08:37'45"

Esta estimación se ha hecho tomando como criterio la utilización del tiempo *promedio* de realización de una reparación a *ritmo normal*. Se ha hecho discriminación de los tipos y no de las categorías, por haberse demostrado con el estudio de tiempo que la tendencia lleva hacia diferencias bien definidas entre los primeros y a un comportamiento mas o menos irregular respecto a las segundas, como se explicó en (iii). De esto último se desprende que se recomienda a los técnicos estimar, empíricamente o por una metodología científica, el menor tiempo requerido

de prueba de los CPU's o monitores, de manera de poder dar, en la práctica, una mayor celeridad a la producción de PC1's, ya que su importancia en la escala de prioridad así lo exige. Una información que puede ayudar a estimar el tiempo mínimo de prueba de monitores y CPU's, es que la curva de temperatura en el interior de un CPU o de un monitor (aquella a la que se expone la circuitería interna) tiende a estabilizarse en un valor máximo al cabo de 2 horas (sin la presencia de disipadores o ventiladores en la caja), según las especificaciones técnicas del manual de mantenimiento del computador personal. Por lo tanto, el tiempo de "prueba en caliente" sugerido para estos equipos es de 2 horas.

- CONTROL DE CALIDAD DE LOS PROYECTOS REALIZADOS.

Este control se efectuó en los proyectos realizados de la forma descrita a continuación.

Equipo de Diagnóstico de Comunicación Serial.

Este proyecto necesitó un estricto control de calidad, ya que de los realizados en la empresa, era el único que involucraba la fabricación en serie de un lote de equipos. Por lo tanto, se realizó una minuciosa revisión de la operatividad del equipo, tanto en su fase de prototipo como en su fase de producto terminado. En esta última fase, se probó cada uno de los equipos producidos, tras haberse realizado un control en las diferentes etapas del proceso: fabricación de las placas de circuitos impresos, montaje y soldadura de componentes, ensamblaje final y prueba.

Software de Diagnóstico de Comunicación.

Este programa se probó en todas sus condiciones de operación, de lo que se derivaron muchas modificaciones y correcciones finales, lo cual condujo finalmente a la versión final, que logró pasar por todos los controles de calidad efectuados.

3.. ESTUDIO DE COSTOS.

Llevar a cabo el proyecto ameritó, indudablemente, un *Estudio de Costos*, el cual es un requisito indispensable para evaluar un proyecto en términos de rentabilidad y factibilidad, y por ende, para obtener la aprobación de recursos de parte de una empresa. Los costos estudiados pertenecen a dos renglones básicos: Recursos Técnicos y Recursos Humanos. En este capítulo se presenta la información de costos necesaria para poder evaluar, más adelante, el proyecto de realización del equipo de diagnóstico, en términos económicos.

3.1. COSTOS DE RECURSOS TÉCNICOS.

La tabla 3.1 presenta una lista de los componentes del Equipo PRTSERIE V-1.0 (proyecto N° 1), donde se especifican aquellos que tienen número de parte interno, y su costo en USD's, obtenido de las microfichas del departamento.

**TABLA 3.1
COMPONENTES DEL EQUIPO PRTSERIE V-1.0**

TIPO	CANT.	N° DE PARTE	PRECIO (\$)
------	-------	-------------	-------------

Switch ON/OFF	2	*	
Switch 3 pines 3 posiciones	1	007-7936005	8.08
Selector rotativo 12 posiciones	1	*	
Selector rotativo 4 posiciones	1	*	
Transformador de línea 8 V output	1	*	
Fusible 1 A	1	090-0068734	0.11 (E)
Puente rectificador onda completa	1	998-0151285	1.31
C 3300 μ F 16 V	1	998-0074136	1.18
C 10 μ F 16 V	2	998-0669095	1.08
C 33 pF	2	998-0669079	1.08
R 330 Ω ¼ W	2	643-0403800	0.11
R-PACK 10 K Ω	2	008-0210501	0.47
LED rojo	2	007-2521002	0.22
Cristal 11.059 MHz	1	*	
LM7805	1	007-9814625	0.60
74LS148	1	006-1002695	2.41
74LS244	1	006-1002172	0.43 (E)
MAX233	1	006-2000331	9.95
8751	1	*	

TABLA 3.1 (Continuación)

TIPO	CANT.	Nº DE PARTE	PRECIO
Conector DB25 con cable plano y conector hembra de 26 pines (una sola pieza de plástico)	1	*	
Conector macho/hembra de 26 pines (una sola pieza de plástico sin cable)	1	*	
Receptáculo para conector AC	1	006-1080123	1.68
Cable de poder AC 3 pines	1	006-0007164	6.21
Jumper	3	006-1001098	0.11
Perillas con tornillo Allen	2	*	
Porta-fusible	1	008-0082179	1.76
Base para IC 16 pines	1	006-1005677	0.73
Base para IC 20 pines	2	006-1005679	0.24 (E)
Base para IC 40 pines	1	006-1005683	0.47
COSTO TOTAL UNITARIO			41.65
COSTO TOTAL (10 EQUIPOS)			416.50

Calculado a 110 Bs / \$, el costo total calculado en la tabla 8.1 es: Bs. 45815.00

* No tiene número de parte interno.

(E): Hay existencia suficiente para fabricar 10 unidades.

Los componentes sin numero de parte interno se adquirieron fuera de la empresa, para lo cual se buscaron tres cotizaciones, elaboradas por las empresas E1, E2 y E3. Se escogió la presentada por la empresa E3 por ser la que tenía en existencia mayor cantidad de los componentes solicitados, y haber hecho la mejor oferta de precios. A continuación, en la tabla 3.2, se muestra la cotización escogida, donde los precios mostrados corresponden al precio unitario ofrecido por la empresa mencionada, para la fabricación de 10 equipos (la cantidad de componentes adquirida se obtiene multiplicando por 10 la correspondiente a un solo equipo). Los componentes encerrados entre paréntesis no estaban en existencia en la empresa ofertante, y fueron comprados a

la empresa E2. En estos precios se consiguió precio especial por cantidad en E1, mas no así en E2, donde se mantuvo el precio unitario de venta de los componentes adquiridos, indiferentemente de la cantidad comprada.

**TABLA 3.2
COTIZACIÓN DE COMPONENTES**

TIPO	CANT.	COSTO (Bs)
Switch ON/OFF	2	73.80
Selector rotativo 12 posiciones	1	130.05
Selector rotativo 4 posiciones	1	130.05
Transformador de línea 8 V output	1	297.00
Cristal 11.059 MHz	1	106.20
Perillas con tornillo Allen	2	61.20
(Conector DB25 a 26 pines)	1	112.00
(Conector hembra/macho 26 p)	1	64.00
COSTO UNITARIO TOTAL		1035.50
COSTO DE 10 EQUIPOS		10355.00
I.V.A.		1035.50
COSTO TOTAL		11390.50

El costo inicial total de los recursos técnicos es:

$$45815.00 + 11390.50 = \boxed{57205.50}$$

3.2. RECURSOS HUMANOS.

Descartando el pago por desarrollo (de algo tenía que vivir, no?), la realización de este proyecto requirió en la empresa como único recurso humano necesario a un técnico dedicado a ensamblaje. De esta forma, se tiene un costo inicial por concepto de contratación de técnico, durante el período correspondiente a los días del 12/01/94 al 15/03/94, devengando éste un sueldo de 20000.00 Bs (veinte mil Bolívares) mensual. Este costo se calcula a continuación:

Duración: 4 quincenas y 3 días \Rightarrow

$$D = 4 + \frac{3}{15} = 4.2 \text{ quincenas} \times \frac{1 \text{ mes}}{2 \text{ quincenas}} = 2.1 \text{ meses}$$

Costo Inicial Técnico = Sueldo Mensual * Duración en meses \Rightarrow

$$CIP = 20000 * 2.1 = 42000.00 \text{ Bs.}$$

Con estos datos, podemos calcular la Inversión Inicial del proyecto:

Inversión Inicial = Costo Inicial Recursos Técn. + Costo Inicial Recursos Hum. \Rightarrow

$$II = 57205.50 + 42000.00 = 99205.50 \text{ Bs.}$$

Por efecto de la implementación del equipo diseñado en la realización de diagnósticos y pruebas de comunicación serial por parte de los técnicos, se tienen costos operativos, ocasionados por las horas-hombre empleadas en dichas operaciones. El costo de una hora-hombre de un técnico del departamento varía según la jerarquía del mismo, la cual está determinada por dos elementos principales: preparación (si es técnico medio, o TSU, o si ha realizado cursos o entrenamientos especiales, etc.) y el tiempo que lleva en la empresa. Por este motivo, se proporcionará, para fines de análisis económicos posteriores, el costo promedio de una hora-hombre de un técnico de Rework Center. Este dato fue suministrado por la Gerencia de Personal, y procede de un estudio realizado con anterioridad en la misma, en el que se consideran los costos por concepto de sueldos, bonos, utilidades, prestaciones, servicios e inclusive costos operativos del departamento.

Costo Promedio Hora-Hombre Técnico Rework Center = 237.68 Bs.

4. ESTUDIO ECONÓMICO.

Los procedimientos de Ingeniería Económica serán aplicados al primer proyecto realizado (equipo de diagnóstico de comunicación serial), con la finalidad de evaluar la rentabilidad de su aplicación, sobre la base de costos y beneficios, y compararla con los métodos que se han venido aplicando hasta el momento en el diagnóstico y prueba de comunicación, a los efectos de analizar su factibilidad y conveniencia a los intereses del departamento y de la empresa.

Los datos que serán utilizados en los cálculos de este capítulo serán obtenidos por un procedimiento estadístico, de la muestra evaluada en el estudio de tiempo del capítulo, de los registros y reportes del departamento, de los tiempos medidos en esa parte, y de los valores de costos calculados en el capítulo anterior.

4.1. Cálculo de los datos iniciales.

Del estudio de tiempo realizado en el capítulo 2, seleccionando las reparaciones marcadas con los identificadores "Δ" y "∇" podemos obtener:

Porcentaje de reparaciones de PC's y periféricos en las que se realiza diagnóstico de comunicación :

$$\frac{7}{17} \times 100 \% = 41.18 \%$$

Tiempo promedio de diagnóstico y prueba de comunicación :

Por el método tradicional (ensayo y error): 11.27 hrs.
Con el equipo PRTSERIE V-1.0 (diagnóstico automatizado): 3.74 hrs.

De las estadísticas del departamento, se conoce que para 1993, el porcentaje de la producción total que pertenece al renglón de tarjetas de PC's, periféricos y accesorios fue del 68.3 %, en una producción anual de 4881 trabajos realizados. Asumiendo esta proporción podemos estimar el siguiente valor:

Porcentaje de la producción a la que se realiza diagnóstico de comunicación :

$$\frac{68.3}{100} \times 41.18 \% = 28.13 \%$$

Producción promedio mensual : $\frac{4881}{12} = 406.75$ reparaciones

Número de diagnósticos y pruebas de comunicación por mes :

$$\frac{28.13}{100} \times 406.75 \cong 114 \text{ reparaciones}$$

Horas-hombre por mes utilizadas para diagnóstico de comunicación :

Con los métodos anteriores : $114 \times 11.27 = 1284.8$ hrs.
Utilizando el equipo diseñado : $114 \times 3.74 = 426.4$ hrs.

Con el costo promedio de una hora-hombre de un técnico de Rework Center calculado en el estudio de costo realizado en el capítulo anterior, y los valores calculados en esta parte, podemos estimar los siguientes valores:

Costo operativo fijo mensual de diagnóstico y prueba de comunicación :

Con los métodos anteriores : $1284.8 \times 237.68 = 305371.26$ Bs.
 Utilizando el equipo diseñado : $426.4 \times 237.68 = 101346.75$ Bs.

9.2. Análisis Económico:

Asumiendo un tiempo de vida útil para el equipo de 1 año (valor pesimista), podemos hacer una proyección para 12 meses, como se muestra a continuación:

Tomando un interés efectivo anual de 65 % (taza actual del mercado):

$$Iea = 65 \%$$

$$Iea = 100 \left[(i_p + 1)^n - 1 \right] \Rightarrow i_p = \sqrt[n]{\frac{Iea}{100}} + 1 - 1$$

$$n = 12 \text{ meses} \Rightarrow i_p = 0.0426$$

Tenemos, por lo tanto, una tasa de interés mensual nominal del 4.26 %.

Evaluaremos en este estudio dos alternativas:

- *Alternativa 1* : No hacer nada (continuar efectuando el diagnóstico y prueba de comunicación por los procedimientos tradicionales en el departamento).
- *Alternativa 2* : Realización, implementación y uso permanente del proyecto (efectuar diagnóstico automatizado de comunicación con el equipo PRTSERIE V-1.0).

Los Flujos de Caja correspondientes a un año en intervalos de un mes de las dos alternativas presentadas se muestran a continuación, en las figuras 4.1 y 4.2, respectivamente.



FIGURA 4.1



FIGURA 4.2

En estos gráficos, **A** representa un costo fijo mensual de horas-hombre utilizadas por los técnicos de Rework Center en efectuar diagnóstico de comunicación, el cual es distinto para cada alternativa; y **II** es la inversión inicial de la realización del proyecto. De este modo, se puede calcular el valor presente de cada una de las alternativas.

De los cálculos hechos en esta parte y en el capítulo anterior, obtenemos:

Alternativa 1:

$$A = 305371.26 \text{ Bs / mes}$$

$II = 0$ Bs. (No se necesita hacer una inversión inicial para no ejecutar el proyecto y continuar como se estaba antes).

Alternativa 2:

$$\begin{aligned} A &= 101346.75 \text{ Bs / mes} \\ II &= 99205.50 \text{ Bs.} \end{aligned}$$

Cálculo de VP/A :

$$VP/A = \frac{(i_p + 1)^n - 1}{i_p (i_p + 1)^n} \Rightarrow VP/A = 9.2452$$

Cálculo de VP :

$$VP = II + A \cdot VP/A \Rightarrow$$

$$\text{Alternativa 1: } VP = 2823228.18 \text{ Bs.}$$

$$\text{Alternativa 2: } VP = 936970.97 \text{ Bs.}$$

Se hace evidente que la implementación de la alternativa 2 (elaboración y utilización del proyecto) es considerablemente menos costosa que la alternativa 1 (no hacer nada), cuyos costos son aproximadamente el triple de los de ésta. Para los efectos de evaluar el proyecto en términos de rentabilidad, se hará el siguiente análisis:

De los estudios de tiempo realizados, calculamos el siguiente valor:

Ahorro de horas-hombre al mes utilizando el equipo de diagnóstico de comunicación
: $1284.8 - 426.4 = 858.4$ hrs.

El número de trabajos que pueden ser realizados en este tiempo se obtiene dividiendo este número de horas hombre entre el tiempo promedio por reparación calculado en el estudio de tiempo. Así, obtenemos :

Producción por mes adicional con la implementación de la alternativa 2 (proyecto) :

$$\frac{858.4}{12.96} = 66.23 \text{ reparaciones} \Rightarrow$$

Incremento porcentual de la producción con la implementación del proyecto :

$$\frac{66.23}{406.75} \times 100 \% = 16.28 \%$$

Esto indica un aumento significativo de la productividad del departamento si se implementa la alternativa 1, por lo cual se concluye que es mucho más rentable para la empresa elaborar e implementar el proyecto que no hacerlo.

ALGUNAS IDEAS PERSONALES AL RESPECTO:

La Gerencia Moderna aplicada al área de Ciencia y Tecnología da una importancia preponderante a la Investigación y el Desarrollo, tras haberse demostrado a través de las últimas cuatro décadas que las naciones, y específicamente sus compañías y empresas que habían dado prioridad a estas dos actividades, habían logrado un vertiginoso desarrollo y crecimiento convirtiéndose muchas de ellas en líderes e innovadores en sus respectivos mercados. Un claro ejemplo de este hecho lo constituyen países como Japón, Estados Unidos y Alemania, y empresas como Texas Instruments, General Electric, IBM, Bell, Siemens, Motorola y Mitsubishi.

Esta tendencia ha llevado a todas las grandes empresas y compañías del mundo a crear departamentos dedicados única y exclusivamente al diseño e implementación de sistemas de alta tecnología, para el mejoramiento de procesos industriales y para desarrollo y comercialización de productos. Estas áreas de proyectos deben ser dotadas de una infraestructura adecuada de laboratorios de sistemas y equipos automatizados para diseño, ejecución de pruebas, experimentación e implementación.

Mi pregunta es: ¿Qué estamos esperando en América Latina para comenzar a transformarnos de consumidores a productores de tecnología?