

**ULACIT**

UNIVERSIDAD LATINOAMERICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

LICENCIATURA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Automatización del proceso pevi –post epoxy visual inspection- para  
la línea de ensamble de componentes intel de costa rica

SUSTENTE: Lil Segura Chavarría

PROYECTO DE GRADUACION PARA OPTAR POR EL GRADO DE  
LICENCIADO EN INGIENERIA INDUSTRIAL

SAN JOSÉ- COSTA RICA

SETIEMBRE 2006

## **Resumen**

Dentro del proceso productivo de microprocesadores en Componentes Intel de Costa Rica, se distinguen tres fases principales: Ensamble, pruebas y acabados finales.

A su vez, las operaciones que conforman cada fase se clasifican en automatizadas y manuales; este criterio se asigna con base en la disponibilidad de máquinas para ejecutar las actividades.

La fase de ensamble es la única del proceso productivo que conserva una única actividad manual: PEVI, la cual consiste en una inspección que busca detectar las unidades con anomalías en el ensamble del dice y los componentes; con esta inspección se evita continuar el proceso de unidades defectuosas en IHS, operación donde se adhiere el disipador de calor y que se muevan al área de prueba.

Esta inspección se realiza utilizando una lupa, y se deben inspeccionar todas las unidades del lote en proceso, por lo que su capacidad es la mas baja del área de ensamble.

En la primera parte de este proyecto se presenta un diagnostico del proceso PEVI y su interacción con el resto el flujo:

En la secuencia PEVI-IHS se tiene una diferencia en la capacidad máxima de PEVI y de IHS de 75%, la cual se disminuye a un mínimo de 75% cuando se asigna personal adicional para la inspección PEVI.

Por otro lado, si se toma como referencia el volumen del producto Dempsey en un periodo de 4 semanas, se obtiene un 76,5% de defectos no segregados en PEVI.

Una de las causas más sobresalientes en la no detección de defectos en PEVI es la falta de lente para la inspección con 48% de ocurrencia, errores humanos con 26% y el no seguimiento del proceso con 22%.

Los costos de la detección tardía de defectos son: mano de obra, disipador de calor y recursos. El valor aproximado de una unidad disipadora de calor (IHS) es de ¢3 500 y no es reutilizable debido a que es soldada al sustrato.

Con base en el 76% de defectos no detectados en PEVI se calcula un costo estimado de defectos con base en mano de obra y materiales y se obtienen ¢83 022 632 millones en pérdidas.

En la segunda sección del proyecto se presenta un plan de mejoras al proceso PEVI, el cual tiene dos partes principales: Adaptación de maquinaria para la inspección PEVI y el desarrollo de un software para documentar las condiciones del proceso (SC).

La maquina a adaptar es ROFIN HS-1000, la cual se utiliza actualmente en la operación del área de acabados finales PMI—Post Mark Inspección—. Existen dos maquinas en la fabrica, pero para la inspección PMI se utiliza solamente una.

ROFIN HS-1000 tiene una capacidad máxima de 55 000 unidades por turno, superando la capacidad del operario de PEVI en 66%.

El desarrollo de la SC permite documentar las condiciones bajo las cuales se ejecuta el proceso de manera automática, por tanto la retroalimentación a los módulos CAM y DLFUX se realiza con base en datos históricos del proceso.

La inversión total con la propuesta presentada es de US\$31 592, desglosadas de la siguiente manera:

- Implementación de SC, con un valor de US\$ 29 130
- Adecuación de ROFIN a PEVI, con un valor de US\$ 2 382.
- Modificación de área de trabajo PMI, con un valor de US\$79

Inicialmente el financiamiento de este proyecto será financiado por la compañía, sin embargo se requiere tener un mínimo de 30% de rentabilidad sobre las ganancias con base en un análisis financiero de 10 años.

Con base en un estado financiero proporcionado por la compañía se proyectan tres escenarios: normal, con inflación, y disminución de ventas, el proyecto es rentable con base en los escenarios normal y con inflación. Se presentan las siguientes conclusiones:

1. En el escenario normal el Valor Actual Neto (VAN) corresponde a US\$750 588,32, la Tasa Interna de Retorno (TIR) 43% y el Periodo de Recuperación (PR) . 2 años, 2 meses, 26 días.
2. En el escenario con inflación: aumento anual en los precios de ventas a un 11% y el costo de venta a 8.5%, se obtuvo un valor de VAN de US\$2 114 340,32, el TIR de 59,36% y P.R. 2 años, 1 mes, 24 días.

## **Dedicatoria**

Gracias a Dios y a mis padres por darme el don de la vida, a ellos gracias, que con gran afán y dedicación me han apoyado en los momentos difíciles y en los momentos de éxito, a ese don privilegiado de amor al estudio que viene en mí.

Gracias a cada una de las personas que me rodean y que me han dado positivismo para salir adelante, y que cuidan de mí para que no tropiece en las piedras del camino o bien que no me desvíe de mi norte.

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer al personal de la línea de ensamble, al personal del área PEVI, por la gran ayuda brindada durante la investigación y elaboración de este proyecto de graduación.

Y al Profesor Félix Amado, por su dedicación, tiempo y disposición a ayudar.

## Tabla de Contenidos

Lista de Figuras .....	10
Capitulo 1 .....	12
<b>1.    Introducción</b> .....	13
<b>1.1.    Generalidades de la Organización</b> .....	13
<b>1.1.1.    Identificación de la organización/Antecedentes</b> <b>Históricos</b> .....	13
<b>1.1.2.    Visión</b> .....	13
<b>1.1.3.    Misión</b> .....	14
<b>1.1.4.    Ubicación Geográfica</b> .....	14
<b>1.1.5.    Estructura Organizacional</b> .....	14
<b>1.1.6.    Cantidad y Cualidades del recurso Humano</b> .....	14
<b>1.1.7.    Productos</b> .....	15
<b>1.1.8.    Descripción General del proceso productivo en</b> <b>estudio</b> 15	15
<b>1.1.9.    Planteamiento del problema actual</b> .....	20
<b>1.1.10.    Formulación del problema</b> .....	21
<b>1.1.11.    Justificación</b> .....	21
<b>1.1.12.    Objetivos</b> .....	22
<b>1.1.13.    Alcance</b> .....	22
<b>1.1.14.    Limitaciones</b> .....	23
Capitulo 2 .....	24
<b>2.    Marco Teórico</b> .....	25
<b>2.1.    Proceso</b> .....	25
<b>2.1.1.    Tipos de procesos</b> .....	25
<b>2.1.2.    Tiempo de proceso, ciclo y equilibrado</b> .....	26
<b>2.1.3.    Capacidad de proceso y su equilibrio</b> .....	27
<b>2.1.4.    Operaciones condicionantes o cuellos de botella</b> 27	
<b>2.1.5.    Mejora de procesos</b> .....	28
<b>2.2.    Análisis de valor para el proceso</b> .....	29
<b>2.3.    Automatización de procesos</b> .....	30
<b>2.3.1.    Importancia de la automatización</b> .....	31
<b>2.3.2.    Niveles de automatización</b> .....	31
<b>2.3.3.    Métodos de trabajo</b> .....	32
<b>2.3.4.    Factores para aplicar estudio de trabajo en los</b> <b>procesos</b> .....	32
<b>2.3.4.1.    Factores Económicos</b> .....	32
<b>2.3.4.2.    Factores Técnicos</b> .....	33
<b>2.3.4.3.    Reacciones humanas</b> .....	33
<b>2.3.5.    Principios del Diseño de tareas</b> .....	33
<b>2.3.6.    Principios del diseño de estaciones de trabajo</b> .....	35
Capitulo 3 .....	39
<b>3.    Marco Metodológico</b> .....	40

3.1.	<i>Tipo de investigación</i> .....	40
3.2.	<i>Sujetos y fuentes de información</i> .....	41
Capitulo 4	.....	48
4.	<b>Diagnostico de la situación actual del proyecto</b> ...	49
4.1.	<i>Generalidades del proceso</i> .....	49
4.2.	<i>Proceso de ensamble</i> .....	50
4.2.1.	Capacidad y flujo .....	51
4.3.	<i>Post Epoxy Visual Inspection –PEVI-</i> .....	52
4.3.1.	Automatización del proceso .....	53
4.3.2.	Flujo de operaciones .....	54
4.3.3.	Gestión de Calidad .....	55
4.3.4.	Costos .....	57
4.3.4.1.	Costos de mano de Obra .....	58
4.3.5.	Análisis de valor para el proceso.....	59
4.3.6.	Análisis ergonómico.....	60
4.4.	<i>Sistema de información</i> .....	62
4.4.1.	Workstream .....	62
4.4.2.	Reportes MARS .....	63
4.4.3.	CRMS .....	65
Capitulo 5	.....	67
5.	<b>Soluciones al problema planteado</b> .....	68
5.1.	<i>Análisis y determinación de la tecnología</i> .....	68
5.2.	<i>Ingeniería del proyecto</i> .....	70
5.2.1.	SC para PEVI.....	70
5.2.2.	Sistemas de la fábrica .....	76
5.3.	<i>Escenarios a evaluar</i> .....	79
5.4.	<i>Evaluación financiera</i> .....	79
5.4.1.	Inversión .....	79
5.4.2.	Financiamiento del proyecto .....	84
5.4.3.	Escenarios del análisis .....	84
Capitulo 6	.....	87
6.	88	
6.1.	<i>Conclusiones</i> .....	88
6.2.	<i>Recomendaciones</i> .....	91
	Glosario	94
Bibliografía	.....	96

## Lista de Tablas

Tabla 1.1.6.1	Clasificación del personal de Componentes Intel CR....	13
Tabla 3.2.1	Definición de muestra.....	45
Tabla 3.2.2	Objetivos del proyecto.....	46
Tabla 4.2.1	Tiempo de proceso para el producto Dempsey.....	50
Tabla 4.3.2.1	Incremento en la capacidad de PEVI.....	54
Tabla 4.3.3.1	Pérdidas para el producto Dempsey.....	55
Tabla 4.3.3.3	Costo unitario y defectos para Dempsey.....	57
Tabla 4.3.4.1	Análisis de costos por unidad.....	57
Tabla 4.3.5.1	análisis de valor para PEVI.....	58
Tabla 4.4.1.1	Códigos de pérdida para PEVI.....	62
Tabla 5.2.2.1.1	Contraste de TPT's.....	76
Tabla 5.2.2.1.2	Diferencias entre los lotes de PMI y PEVI.....	77
Tabla 5.4.1.1.1	Dedicación del personal al proyecto.....	73
Tabla 5.4.1.1.2	Costo estimado por servicios profesionales en el desarrollo de PEVI SC.....	79
Tabla 5.4.1.2.1	Accesorios/Repuestos de ROFIN.....	80
Tabla 5.4.1.2.2.1:	soporte de ing. para receta de CRMS.....	81
Tabla 5.4.1.2.3.1:	Costos de adecuar área de PMI wip.....	82
Tabla 5.4.1.2.4.1:	Integración de propuesta.....	82
Tabla 5.4.1.2.4.2:	Valoración actual del equipo.....	83
Tabla 5.2.3.1.1	Incremento en los flujos porcentuales.....	84
Tabla 5.4.3.2.1	Disminución máxima de ventas.....	84
Tabla 5.4.3.3.1	Indicadores para escenarios del proyecto.....	85

## Lista de Figuras

Figura 1.1.8.1: Partes de un procesador Intel.....	15
Figura 1.18.2: Diagrama General de Ensamble procesadores Intel.....	16
Figura 1.8.1.3: Diagrama general de la fase de Prueba.....	17
Figura 1.8.1.4: Diagrama general de la fase de Finish.....	18
Figura 1.1.9.1.1: Módulos habilitados para proceso.....	19
Figura 2.1.1. Diagrama de procesos.....	24
Figura 4.3.3.2: Escapes de Dempsey en PEVI.....	56
Figura 4.3.7.1: Postura del operador al ejecutar PEVI sin seguir el procedimiento.....	60
Figura 4.4.2.1: Ventana de acceso a reportes MARS por producto.....	63
Figura 4.4.3.1: Macro proceso de CRMS.....	65
Figura 5.1.1: Láser en brazo mecánico de ROFIN HS-1000.....	67
Figura 5.1.2: Estación de trabajo PMI.....	68



# Capitulo 1

## **1.1. Generalidades de la Organización**

### **1.1.1. Identificación de la organización/Antecedentes Históricos**

Intel, cuyas siglas en inglés de Integrated Electronics( Electrónica Integrada) es una empresa multinacional dedicada a la fabricación de microprocesadores. Intel Corporation fue fundada el 18 de Julio de 1968 por Gordon E. Moore y Robert Noyce. Cabe destacar que esta compañía comenzó fabricando memorias antes de incursionara en el mercado de los microprocesadores.

Intel® Costa Rica inició operaciones en marzo de 1998. Sus operaciones iniciaron exclusivamente como un centro de manufactura y de distribución de producto terminado para su exportación directa a los Estados Unidos, Europa, Asia y Latinoamérica, pero en la actualidad Intel Costa Rica la principal sucursal de la corporación en la producción de servidores en alto volumen.

A partir del 2003 se expandieron las actividades de Intel Costa Rica, en donde desde Costa Rica se brindan servicios para la Corporación Intel, desde servicios contables y financieros hasta apoyo técnico a clientes finales de toda la región de Latinoamérica.

Igualmente, en Costa Rica se encuentran departamentos dedicados a importantes actividades de desarrollo de tecnología, en las áreas de diseño y validación de software y componentes de microprocesadores.

### **1.1.2. Visión**

Se adjunta a continuación la visión de componentes Intel de Costa Rica:

“Visión de Componentes Intel de Costa Rica:

- Valores de Intel en Acción: Orientación al cliente, Excelente Lugar para trabajar, Asumir Riesgos, Calidad, Disciplina y Orientación a Resultados.
- Líder en Soluciones de Manufactura e Ingeniería para la Empresa Digital.
- Centro de Servicios para la Corporación.
- Clientes Complacidos.”

### 1.1.3. Misión

La misión de la compañía se compila en la siguiente premisa:

“¡Agregamos Valor Superior en todo lo que hacemos!”

### 1.1.4. Ubicación Geográfica

Componentes Intel de Costa Rica se localiza en la Ribera de Belén, Heredia, donde se desarrolla la producción de microprocesadores, adicionalmente cuenta con oficinas adjuntas para las plataformas de servicios de finanzas ubicadas en el edificio Torre Mercedes en Paseo Colon de San José.

### 1.1.5. Estructura Organizacional

El organigrama que se adjunta en el apéndice A refleja la estructuración departamental enfocada en el soporte para las actividades de manufactura, el cual ha sido efectivo desde el inicio de actividades de la organización en 1997.

La única actualización que se ha efectuado en la organización de Componentes Intel de Costa Rica, es la inclusión del departamento de Comunicaciones y Proyectos en el 2004, el cual se encarga de dar a conocer a toda la organización los proyectos, cambios y demás que se llevan a cabo en cada departamento, para que toda la organización este al tanto de la evolución del mismo y del impacto que se tienen en el resto de los departamentos de soporte en la fabrica.

### 1.1.6. Cantidad y Cualidades del recurso Humano

De la población total de componentes Intel de Costa Rica, aproximadamente 3000 personas, distribuidas en empleados directos de la fábrica y empleados de departamentos de soporte, la distribución del personal cumple la distribución que se muestra en la tabla 1.1.6.1

**Tabla 1.1.6.1: Clasificación del personal de Componentes Intel CR**

<b>Profesion</b>	<b>porcentaje</b>	<b># empleados</b>
Industrial	10%	300
No Título	28%	840
Informática	4%	120
Adm. Negocios	3%	90
Electrónica	21%	630
Finanzas	3%	90
Resto	31%	930

Nota: El numero de empleados por area se basa en un aproximado de 3000 empleados

Fuente: Recursos Humanos Intel CR

Fecha: junio, 2006

### **1.1.7.Productos**

La Corporación de Intel se ha enfocado en la producción de microprocesadores para computadores: desktops<sup>1</sup> y servidores, de los cuales Costa Rica se ha convertido en la dependencia líder de toda la corporación en la producción de Servidores.

Esto significa una ventaja importante para Intel Costa Rica, ya que al ser prácticamente la única dependencia de Intel exclusiva en la producción de servidores ha permitido que las asignación de recursos (de recursos humanos, infraestructura, actividades adyacentes) se incremente, y Costa Rica se posicione mejor con respecto a los otros dependencia de Intel, como por ejemplo los localizados en Asia, que se caracterizan por sus bajos costos en la producción.

### **1.1.8.Descripción General del proceso productivo en estudio**

Los componentes de una unidad microprocesador para servidores y para computadoras de escritorio se presentan en la figura 1.1.8.1, no existen diferencias de diseño entre estos productos, lo cual hace que el proceso de manufactura entre ambos productos sea similar.

El sustrato, tal como se observa en la figura 1.8.1.1 es el paquete polímero verde sobre el cual se sitúa el die (se detallara mas adelante) adicionalmente es la sección del procesador que entra en contacto con la tarjeta madre al ensamblar un equipo computador.

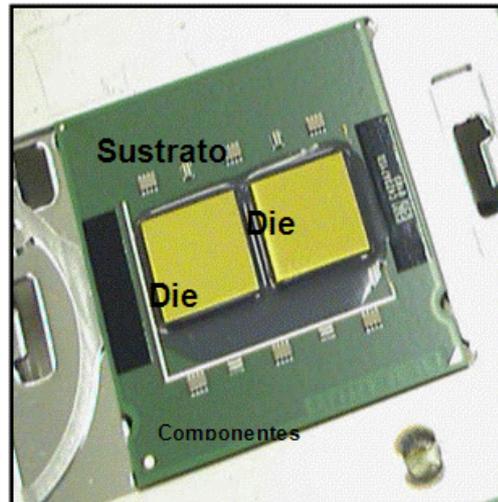
El die es el termino en ingles para denominar el núcleo o cerebro de la unidad procesadora, se denomina dice en plural. Para cada unidad procesadora se requiere al menos un die para que la unidad tenga la funcionalidad esperada, sin embargo la tendencia actual en el mercado es contar con productos multi-core,

---

<sup>1</sup> Termino en ingles para Computadoras de escritorio, en adelante se hará referencia a desktop.

los cuales tienen más de un die por unidad de sustrato. (Tal como el ejemplo de la figura 1.8.1.1)

**Figura 1.1.8.1: Partes de un procesador Intel**



Fuente: Componentes Intel de CR  
Fecha: 7 junio 2006

Se presentan a continuación las fases del proceso productivo para los microprocesadores de Intel:

Ensamble: tal como su nombre lo indica corresponde a la fase de ensamble de las unidades, o sea, se acopla en una misma unidad el sustrato y el/los dice del producto. Este acople se logra gracias a la fundición de partes metálicas localizadas en el sustrato. Generalmente las unidades se ensamblan en lotes de no menos de 1260 unidades.

En la figura 1.1.8.2 se presenta el flujo de ensamble general para los procesadores desktops y servidores, y se describe brevemente cada una de las operaciones que conforman esta fase:

La operación TRDI es una operación de almacenamiento y clasificaciones del dice, ya que se especifican los lotes a ensamblar de acuerdo a la proyección de velocidad del die y la demanda semanal por producto.

Las operaciones 1210 y 1211, CAM y CAMA son las operaciones en las que se realiza la unión del die con el sustrato, esta unión se realiza a través de un proceso de soldadura entre secciones del die y el sustrato: en 1210 se dispensa en las unidades

pasta de soldadura y se sitúa el dice en el sustrato y posteriormente se introduce el sustrato en un horno de aproximadamente 200°C y así se realiza la unión de ambas partes en una unidad procesadora.

En la operación 1215, DFLUX, se lavan las unidades con agua para eliminar residuos de pasta de soldadura que puedan causar viscosidad en la unidad fuera del área ya soldada.

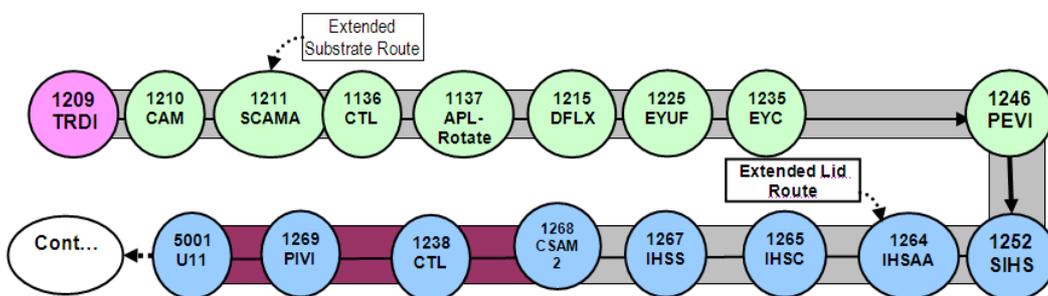
Por su parte las operaciones 1225 y 1235 corresponden a las operaciones de Epoxy y Epoxy cure, en donde se coloca un polímero denominado Epoxy entre el punto de soldadura del dice y el sustrato, esto con el fin de sellar los puntos de unión entre el die y el sustrato y sacar el aire del mismo, ya que el aire causa oxidación en la unidad.

La operación 1246 corresponde a la Post Epoxy Visual Inspection, esta operación es el primer punto de inspección en el área de ensamble, en la cual se da retroalimentación a las operaciones de CAM y Epoxy de puntos fuera de control o escapes del proceso que califican como unidades defectuosas.

La secuencia de operaciones 1252 a la 1267 corresponde al conjunto de operaciones de situar y soldar el Individual Head Spreader (IHS) ó disipador del calor en las unidades.

La operación 1268, CSAM 2 consiste en realizar un monitor CSAM (monitor ultrasonido realizado por máquina denominada CSAM) a una muestra de unidades por lote, el estándar definido es de 25 unidades por un lote de 1260 unidades. Con este monitor se busca encontrar vacíos de aire entre la unión del dice y el sustrato. En CTL se realiza cambio de bandejas metálicas a bandejas contenedoras de plástico.

**Figura 1.18.2:**  
**Diagrama General de Ensamble para procesadores Intel**



Elaborado por: Lil Segura  
Fuente de Información: Departamento de ingeniería de Ensamble de Intel CR  
Fecha: 8 junio 2006

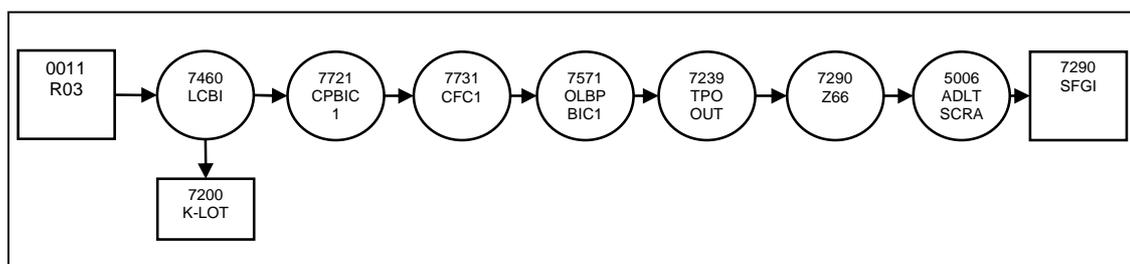
Fase de Prueba: Conocida también como test, esta es la parte del proceso donde se prueban las unidades para comprobar su resistencia a condiciones de aceleración a diferentes temperaturas y posteriormente se procede a examinar la resistencia de la unidad en escenarios extremos de uso para precisar la velocidad a la que funciona. Cuando se comprueba la velocidad de funcionamiento de las unidades de un lote, este se subdivide por las diferentes velocidades que lo componen y se almacena en una bodega para producto semi-terminado hasta que se asigne demanda para que sea terminado y empacado. Se adjunta el flujo general para la fase de prueba en la figura 1.8.1.3

La operación LCBI corresponde al acrónimo en Ingles: Low Cost Burn In, en la cual se introducen las unidades en hornos para comprobar la resistencia de las mismas a condiciones de aceleración y calor excesivas.

En las operaciones 7721 y 7731 se realizan las pruebas de las unidades en condiciones de calor (7721) y frío (7731) que permiten determinar la velocidad de funcionamiento de la unidad.

En las operaciones 7571 y 7239 se clasifican las unidades de acuerdo a la velocidad obtenida en caliente y frío, y finalmente en la operación 7290 se almacenan.

**Figura 1.8.1.3**  
**Diagrama general de la fase de Prueba**



**Fuente: Ingeniería de Prueba de Componentes Intel de CR**

**Compilado por: Lil Segura**

Fase de Acabados Finales: En adelante, finish; este modulo esta compuesto por actividades de aseguramiento de la calidad, en esta área se verifica que la velocidad de las unidades corresponda con lo que se detecto en la fase de prueba, además por finalizar los acabados cosméticas en las unidades (impresión del logo de Intel, numero de lote, etc.), y las tareas de empaque y despacho de las unidades a la bodega con base en la velocidad de las unidades.

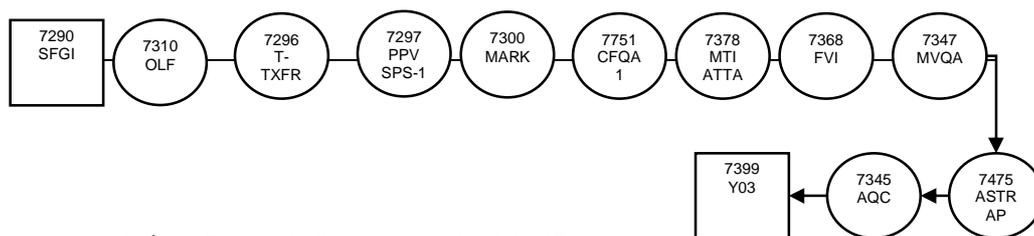
En la figura 1.8.1.4 se presenta un diagrama general de las operaciones que incluyen en finish, las operaciones OLF, T-TXFR y PPV son operaciones en donde se verifica que la velocidad asignada al procesador sea la correcta.

La operación mark es la operación en donde se graba en la unidad el numero de lote al cual pertenece, la velocidad a la que funciona y el logo de Intel.

En la operación MTI se coloca una cubierta de plástico en la parte inferior de cada unidad, con el fin de protegerla.

Las operaciones FVI—acrónimo para Final Visual Inspection— y MVQA corresponden a la inspección visual final de las unidades antes de ser empacadas en ASTRAP y AQC, y a partir de aquí son extraídas del área de la fábrica y el departamento de logística las recoge para proceder con el proceso de envío al cliente.

**Figura 1.8.1.4**  
**Diagrama General de Finish para procesadores Intel**



Fuente: Ingeniería de Prueba de Componentes Intel de CR  
Compilado por: Lil Segura  
Fecha: 11 junio 2006

### 1.1.9.Planteamiento del problema actual

En la figura 1.1.9.1 se adjunta la totalidad de módulos habilitados para cada una de las operaciones del proceso, de detalla adicionalmente un estimado de la automatización de las actividades tomando como principal criterio la intervención de maquinaria en la ejecución de las mismas

**Figura 1.1.9.1.1**  
**Modulos habilitados para proceso**

Ensamble	Modulos	Automatico?	Test	Modulos	Automatico?	Finish	Modulos	Automatico?
CAM	4	Y	LCBI	15	Y	OLF	4	Y
CTL	3	Y	CMT	32	Y	PPV	12	Y
APL	2	Y	OLB	3	Y	MARK	4	Y
DFLUX	2	Y				MVQA	3	Y
PEVI	1	N				A-strap	4	Y
HIS	3	Y						
CSAM	1	Y						
		<b>86%</b>			<b>100%</b>			<b>100%</b>

Elaborado por: Lil Segura Chavarria

Fuente: Componentes Intel de CR

Fecha: 13 julio, 2006

Como se puede observar; en el área de ensamble la operación PEVI es la operación que tiene un modulo en producción, es una operación manual—no automatizada—. Esta operación consiste en verificar la posición del dice sobre el sustrato y buscar anomalías en el dispensado de Epoxy.

Para que el operario realice la inspección se encuentran disponibles los elementos necesarios: lupa y estación de trabajo: mesa y silla, pero estos elementos soportan el proceso PEVI para solamente un operario.

Es importante destacar que debido a la necesidad de incrementar el volumen a procesar en PEVI, y a la vez para que IHS no tenga escasez de wip se asigna personal adicional en la jornada laboral para ejecutar PEVI. Bajo estas circunstancias, los operarios de PEVI deben realizar la inspección a simple vista o compartir la lupa.

Adicionalmente, PEVI se debe realizar sobre el 100% de material y el criterio de inspección no varia entre productos. Sin embargo, aunque el criterio de inspección es el mismo entre productos, el criterio de selección de unidades defectuosas es responsabilidad del operario.

No obstante, las unidades defectuosas no capturadas en PEVI son detectadas en el área de test a través de fallas de transmisión de corriente que se clasifican en: componentes o dice perdidos, duplicados o desalineados o con insuficiencias en la soldadura.

Los costos de detección tardía de defectos en PEVI se desglosan en: mano de obra, maquinaria, y la unidad disipadora del calor. Además de la unidad de sustrato y dice.

### **1.1.10. Formulación del problema**

¿Cómo se puede modificar el proceso PEVI—Post Epoxy Visual Inspection—para incrementar el volumen de material que se procesa y a la vez disminuir la tasa de fallas no detectadas en esta operación?

### **1.1.11. Justificación**

En la operación PEVI se detectan las unidades defectuosas provenientes de los módulos anteriores: CAM y Epoxy, con esta inspección se busca descartar los defectos provenientes de esas áreas y a la vez documentar la recurrencia en los defectos presentados para poder desarrollar planes de mejora.

La responsabilidad de catalogar los rechazos es responsabilidad del operario asignado en la operación; sin embargo, cuando no se segregan los defectos en PEVI, estos continúan el proceso y son registrados en el área de prueba

Al continuar el proceso las unidades defectuosas se les adhieren el disipador de calor (¢3500 por unidad) y son rechazadas en el área de prueba causando un impacto en el rendimiento del producto.

### **1.1.12. Objetivos**

- Describir el proceso de microprocesadores con el fin de valorar la vigencia de los métodos de trabajo actuales.
  - Identificar las fases del proceso con el fin de buscar características similares en las actividades que integran cada fase
  - Determinar el impacto de las operaciones condicionantes (manuales) en el flujo de proceso
  - Analizar las actividades que integran los procesos manuales del flujo para entender el valor agregado en el producto final.
  
- Plantear una reestructuración de las actividades condicionales del proceso con base en maquinaria instaladas en el piso de producción
  - Diseñar una estación de trabajo que utilice maquinaria existente en el piso de producción para que se realicen la secuencia de operaciones de manera automática
  - Realizar una proyección de los incrementos en productividad que la implementación de la estación de trabajo automática tenga sobre el flujo de producto
  - Valorar el costo de las implementaciones y cambios requeridos en la estación de trabajo

### **1.1.13. Alcance**

El alcance de este proyecto será el área de ensamble del flujo de producción de los microprocesadores de Componentes Intel de Costa Rica

## **1.1.14. Limitaciones**

**1.1.14.1. Tiempo:** Para profundizar en los puntos de la investigación debido a restricciones laborales, adicionalmente el tiempo del personal de la organización para enfocarse en las entrevistas y demás requeridas para recolectar información.

**1.1.14.2. Recursos:** Intel no asignara recurso humano para dar soporte al diagnostico de la línea de ensamble, y a efecto cuello de botella que provoca la operación PEVI, ya que se asignan recursos cuando la acumulación de wip en esta operación hace que la línea se vacíe en las operaciones posteriores. Por otro lado, la asignación de recursos de otra índole para la investigación tiene que estar justificada y aprobada por gerencia, así es que su utilización va a ser limitada.

**1.1.14.3. Dinero:** Para el desarrollo de la investigación no se contara con financiamiento de ningún tipo por parte de Intel o de algún otro tipo de organización o persona.

# Capitulo 2

## 2.1. *Proceso*

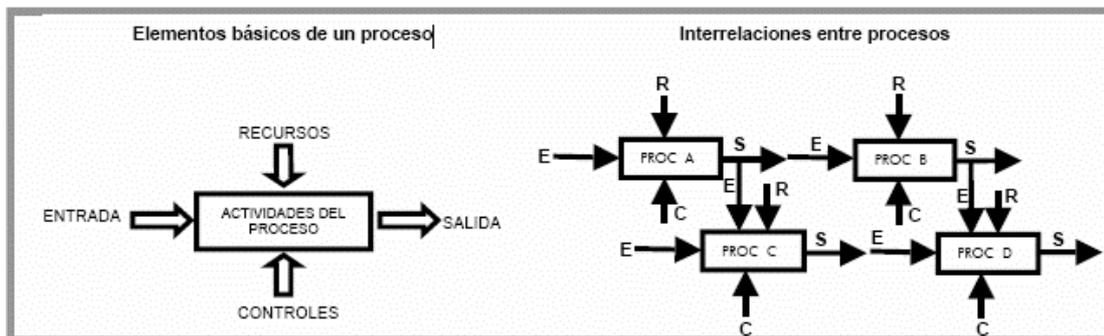
Un proceso es cualquier actividad o conjunto de actividades que emplee un insumo, le agregue valor a éste y suministre un producto a un cliente externo o interno.

A nivel general, un proceso está compuesto de tres partes principales:

- **Entrada:** Todos los insumos requeridos para poder ejecutar las actividades de un proceso satisfactoriamente.
- **Proceso:** Actividades del proceso que dan valor agregado a los insumos.
- **Salida:** Básicamente, las salidas de un proceso tienen un valor añadido respecto a las entradas.

Como se observa en la figura 2.1.1, dentro de una organización los procesos están interrelacionados entre sí puesto que la salida de un proceso es simultáneamente la entrada de el proceso siguiente dentro de la secuencia de procesos.

Figura 2.1.1. Diagrama de procesos



Fuente: Monografías (2006). Tipos de procesos. Recuperado el 8 de julio de 2006 de <http://www.monografias.com/trabajos6/auti/auti.shtml>

### 2.1.1.1. Tipos de procesos

Existen varios tipos de clasificación, como por ejemplo los procesos catalogados en procesos unidades de operación continua, discontinua, por lotes y discreta.

En este caso se procede a clasificar los procesos con base en los principios de gestión interna de los mismos.

- **Producción por productos**

Esta clasificación a su vez se subdivide en: Procesos segregados por funciones o talleres y procesos en línea o en cadena.

En la modalidad funcional o por talleres, el producto se desplaza donde pueda ser procesado en cada operación, mientras que la modalidad de línea o cadena es aquella en la cual los puestos de trabajo se disponen ya en la secuencia del producto.

- **Producción por proceso**

El producto no se diferencia individualmente, sino que fluye continuamente, ejemplo: cemento, petroquímicas, etc. En esta modalidad de proceso se obtienen artículos definidos unidad a unidad (automóviles, televisores) en los que se puede implantar la modalidad funcional y la modalidad en línea.

En las operaciones con intervención de mano de obra, no automatizada se tienen como variables el tiempo de preparación y el de proceso y el de transferencia de material a una operación a otra; en cambio para la producción por proceso se tienen: el tiempo de preparación y el tiempo de transferencia (alimentación de operaciones y vaciado de operaciones).

Los procesos de tipo de producción de productos, con implantación funcional o de línea pueden tener dos tipos de control de ciclo, según sea la capacidad de las máquinas o las actividades del operario: ciclos controlados por el operario o por la máquina. En el ciclo controlado por el operario las operaciones son manuales y cuando el control corresponda a la máquina, las actividades son automatizadas.

### **2.1.2. Tiempo de proceso, ciclo y equilibrado**

El ciclo del lote en un proceso es el tiempo que transcurre desde que se termina un lote de proceso hasta que termine el siguiente.

Cada operación tiene el ciclo de lote de cada proceso particular el cual se denomina ciclo del proceso, y este coincide con el LEADTIME. Ambos conceptos tienden a igualarse, imponiendo la duración del ciclo de la operación condicionante, ajustando las demás operaciones su ciclo a través del tiempo de espera. En cualquier caso el ciclo equilibrado o no se reducirá con el tamaño del lote del proceso. El objetivo es equilibrar el sistema con ciclos igualados pero eliminando o reduciendo a mínimos los tiempos de espera. Así, el equilibrio del sistema supone la igualación de los ciclos de proceso.

Por otro lado se puede considerar los ciclos de transferencia, tiempo transcurrido desde que se acaba un lote de transferencia hasta que se acabe el siguiente, y de ser distintos se producirán los tiempos de cola.

Si en el proceso se evitan los tiempos de cola se puede afirmar que el ciclo de transferencia esta en equilibrio.

Dentro de la producción por producto, el equilibrio de los ciclos de transferencia es mas importante que en la producción en línea ya que si no esta equilibrado el ciclo de cada puesto de trabajo se tendrían tiempos muertos o de vacío en cada unidad de producto transferido.

### **2.1.3. Capacidad de proceso y su equilibrio**

La capacidad se define como el tiempo necesario para producir determinada cantidad de producto.

El flujo de proceso es el volumen de producción obtenido por unidad de tiempo.

Se debe tomar en cuenta que en los procesos, se debe de equilibrar el flujo y no la capacidad. Normalmente el flujo se comportara con una variabilidad que se ajusta a una curva normal. Si  $\sigma$  es la desviación típica y (t) es el tiempo que se ajusta a la capacidad se obtendrá en un tiempo dentro del intervalo:

$T \pm 2 \sigma$  con un 95.4% de probabilidad

$T \pm 3 \sigma$  con un 99.7% de probabilidad

### **2.1.4. Operaciones condicionantes o cuellos de botella**

La operación condicional de un proceso es aquella cuya capacidad en la producción se sitúa en el valor mínimo de entre todas las operaciones de dicho proceso y por tanto su capacidad condiciona todo el proceso.

Cuando esta capacidad no permite satisfacer el nivel de producción planificado esta operación se transforma en cuello de botella.

En procesos con operaciones con ciclos controlados por máquinas, la capacidad es determinada por la máquina la productividad de las mismas y su ciclo y las mismas tienen un límite: por ejemplo si una máquina puede llegar a una productividad de 3600 unidades de producto por hora, su ciclo máximo será de una pieza por segundo. Como se observa las máquinas determinan la operación condicionante y si será o no cuello de botella.

En los procesos con ciclos controlados por operarios se pueden aumentar la capacidad y reducir el ciclo simplemente disponiendo una cantidad mayor de trabajadores en cada operación.

Para determinar y controlar la capacidad de los procesos se debe de tomar en cuenta que si una operación es condicionante, su capacidad media es la capacidad mínima del proceso y el impacto q las alteraciones del flujo que se produzcan en esta operación tiene un impacto muy grande e irreversible en toda la línea.

Para evitar esto se debe disponer de cierto volumen de stock, de forma que no pare aunque el flujo de la operación anterior llegue tarde. Una buena medida es disponer un stock de  $3\sigma$  de la operación anterior, es decir lograr un 99.7% de probabilidad de ajuste.

Si una operación no es del tipo condicionante. Se debe ajustar su producción a la capacidad de la que si lo sea en la línea.

### **2.1.5. Mejora de procesos**

Las mejoras en los procesos podrán producirse de dos formas, de manera continua o mediante la reingeniería de procesos.

La mejora continua de procesos optimiza los procesos existentes, eliminando las operaciones que no aportan valor y reduciendo los errores o defectos del proceso. Por el contrario, la reingeniería, se aplica en un espacio de tiempo limitado y el objetivo es conseguir un cambio radical del proceso sin respetar nada de lo existente.

Cuando se aplica mejora continua en un proceso existente, el resultado se encuentra alineado a los requerimientos del cliente, mientras que al aplicar reingeniería, se detectan los procesos deficientes y obsoletos con el fin de lograr un posicionamiento mejor con respecto a la competencia.

En el caso de la mejora continua se aceptan los procesos existentes, partiéndose de ellos para las mejoras incrementales. En tanto que en la reingeniería se cuestionan las mismas bases de los procesos vigentes.

En la mejora continua se utiliza la tecnología con un enfoque incremental, en tanto que la reingeniería considera la tecnología como el motor de las transformaciones. La mejora continua es menos riesgosa porque el impacto de cada cambio es generalmente pequeño, más haya del impacto de los cambios acumulativos en el tiempo. En el caso de la reingeniería los riesgos son mayores porque el impacto es grande y afecta transversalmente la organización.

## **2.2. *Análisis de valor para el proceso***

Según Manganeéis (1995, p 97) el trabajo "esta representado por actividades que el cliente aprecia, que cambian materialmente una entidad y que es importante que se ejecuten correctamente desde la primera vez".

Por tanto, al calcular el trabajo en un proceso se busca optimizar la utilización de los recursos y el tiempo asignado en el mismo y en caso de que en el proceso tenga actividades catalogadas como desperdicio se deben eliminar del mismo.

El trabajo según Manganeéis (1996) se clasifica en actividades de valor agregado, las cuales modifican los insumos que entran al sistema en entes que son apreciadas por el cliente y además no se pueden cambiar porque son etapas en las que se avanza en el proceso. Por otro lado, el trabajo se clasifica en actividades que no aportan valor en el proceso, llamados comúnmente desperdicios, los cuales causan demoras e incrementan los costos en el proceso.

El indicador de eficiencia se plantea con base en la fórmula planteada por Harbour 1996, p.27) donde:

$$\text{Eficiencia: } \text{Trabajo} / (\text{trabajo} + \text{desperdicio}) * 100\%$$

### **2.3. Automatización de procesos**

En un proceso productivo no siempre se justifica la implementación de sistemas de automatización, pero existen ciertas señales indicadoras que justifican y hacen necesario la implementación de e

Estos sistemas, los indicadores principales son los siguientes:

- Requerimientos de un aumento en la producción
- Requerimientos de una mejora en la calidad de los productos
- Necesidad de bajar los costos de producción
- Escasez de energía
- Encarecimiento de la materia prima
- Necesidad de protección ambiental
- Necesidad de brindar seguridad al personal
- Desarrollo de nuevas tecnologías

El principio de la automatización se basa en la capacidad para controlar información derivada en proceso productivo mediante la implementación de mecanismos de medición y evaluación de las normas de producción del proceso, con el fin de monitorearlo y garantizar la estandarización dentro del mismo.

El funcionamiento de las máquinas o herramientas que operan el proceso productivo se logra a través de la adaptación de interfaces computacionales de control en el sistema.

El sistema automático en un proceso funciona de la siguiente manera: utilizando sensores se recibe la información sobre el funcionamiento de las variables que deben ser controladas en la máquina (temperatura, presión, velocidad, espesor, etc.), esta información se convierte en una señal, que la computadora compara con la norma, o valor deseado para esa variable. Si esta señal no concuerda con la norma, se genera una señal de control (o nueva instrucción), por la que solicita una ejecución que convierte la señal de control en una acción sobre el

proceso de producción capaz de alterar la señal original imprimiéndole el valor o la dirección deseada.

### **2.3.1.Importancia de la automatización**

La automatización solo es viable si al evaluar los beneficios económicos y sociales de las mejoras que se podrían obtener al automatizar, estas son mayores a los costos de operación y mantenimiento del sistema.

#### **Ventajas de la automatización de procesos**

- Se asegura una mejora en la calidad del trabajo del operador y en el desarrollo del proceso, esta dependerá de la eficiencia del sistema implementado.
- Se obtiene una reducción de costos, puesto que se racionaliza el trabajo, se reduce el tiempo y dinero dedicado al mantenimiento.
- Existe una reducción en los tiempos de procesamiento de información.
- Flexibilidad para adaptarse a nuevos productos (fabricación flexible y multi-fabricación).
- Se obtiene conocimiento más detallado del proceso, mediante la recopilación de información y datos estadísticos del proceso.
- Se obtiene un mejor conocimiento del funcionamiento y rendimiento de los equipos y máquinas que intervienen en el proceso.
- Factibilidad técnica en procesos y en operación de equipos.
- Factibilidad para la implementación de funciones de análisis, optimización y autodiagnóstico.
- Aumento en el rendimiento de los equipos y facilidad para incorporar nuevos equipos y sistemas de información.
- Disminución de la contaminación y daño ambiental.
- Racionalización y uso eficiente de la energía y la materia prima.

### **2.3.2.Niveles de automatización**

Basándose en el impacto de la automatización sobre las actividades de un proceso se distinguen los siguientes niveles:

- Mayor utilización de una máquina, mejoras en el sistema de alimentación.

- Posibilidad de que un hombre trabaje con más de una máquina.
- Coordinar o controlar una serie de operaciones y una serie de magnitudes simultáneamente.
- Realizar procesos totalmente continuos por medio de secuencias programadas.
- Procesos automáticos en cadena errada con posibilidad de autocontrol y auto-corrección de desviaciones.

### **2.3.3. Métodos de trabajo**

El estudio de métodos es el registro y examen crítico y sistemático de los modos existentes y proyectados de llevar a cabo un trabajo como medio de idear y aplicar métodos más sencillos y eficientes y de reducir los costos.

Los fines del estudio de métodos son los siguientes:

- mejorar los procesos y los procedimientos;
- mejorar la disposición de la fábrica, taller y lugar de trabajo, también los modelos, máquinas e instalaciones.
- economizar el esfuerzo humano, reduciendo la fatiga innecesaria;
- mejorar la utilización de materiales, máquinas y mano de obra;
- crear mejores condiciones materiales de trabajo.

### **2.3.4. Factores para aplicar estudio de trabajo en los procesos**

Cuando se deba decidir la aplicación de métodos en un determinado trabajo debe tomarse en cuenta los siguientes factores: Económicos, Técnicos, Reacciones Humanas.

#### **2.3.4.1. Factores Económicos**

Estas consideraciones son importantes en todas las etapas del estudio de métodos. Se debe cuestionar el valor agregado en las operaciones donde se va iniciar un estudio de métodos, y una vez iniciado el estudio y se detecten brechas en el proceso si vale la pena continuar ese estudio. Una vez definida la validez de aplicar métodos de trabajo para un proceso se deben estudiar los desperdicios o

operaciones de no valor en el proceso: los transportes de material, las manipulaciones y las que requieren gran cantidad de mano de obra, que se basen en una serie de trabajos repetitivos que ocupen a muchos operarios y puedan durar mucho tiempo.

#### **2.3.4.2. Factores Técnicos**

Hay que cerciorarse de que se cuenta con el personal técnico necesario para soportar el estudio, en caso de que se presenten situaciones fuera de control se debe contar con la opinión de un experto para que valide las posibles opciones a implementar en el proceso.

#### **2.3.4.3. Reacciones humanas**

Se debe trabajar muy de cerca la resistencia al cambio que se pueda presentar entre los operarios de un proceso, por otro lado al realizar el estudio de métodos, se debe explicar abiertamente las razones por las cuales se realiza el estudio, para que el funcionario no sienta que su puesto de trabajo esta siendo amenazado y altere modifique los métodos de trabajo que realiza, afectando el análisis que se realice sobre el proceso.

#### **2.3.5. Principios del Diseño de tareas**

Según Konz (1983 p.228) al diseñar una tarea se deben tomar en cuenta los siguientes principios:

- Usar la especialización aunque se sacrifique la versatilidad: La especialización tiende a reducir el costo por unidad y a incrementar la calidad. El problema principal consiste en obtener las suficientes ventas para justificar la especialización.
- Producir varios artículos idénticos simultáneamente: Las tareas se pueden dividir en tres etapas: preparar, hacer y apartar. Una alternativa es reducir el tiempo de hacer aun cuando aumente el tiempo de preparar + apartar.
- Combinar operaciones y funciones: Con planeacion se pueden hacer varias cosas al mismo tiempo. Los materiales, herramientas y equipo pueden ser

multi-funcionales. Aunque las tareas se realizan en secuencia, la herramienta combinada elimina la necesidad de dejar una herramienta, encontrar la segunda herramienta, tomarla, dejarla y volver a la primera. El tiempo de hacer lo mismo aunque las herramientas sean combinadas o no.

- Reducir al mínimo la capacidad ociosa: Existen dos subdivisiones: costos Fijos y los costos relativos.
- Usar tareas de relleno o personas de relleno: Mientras más cortas sean las tareas, más fácil es obtener un equilibrio entre trabajo y disponibilidad de trabajador. Para reducir el tiempo de retraso en el balance existen algunas técnicas:
  - Ajustar a la carga de trabajo: Es más sencillo ajustar los trabajos cuando el tiempo ocioso está en bloques relativamente grandes. Se debe hacer una lista de trabajos cortos que pueden realizarse en el tiempo ocioso, ejemplo: rutinas de mantenimiento y de documentación.
  - Ajustar a la fuerza de trabajo: Se debe especificar los tiempos al inicio y al término de trabajo para reducir el tiempo de retraso, sobre todo retrasos cortos. Además se pueden implementar programas flexibles de horarios entre los funcionarios, los trabajadores temporales
  - Permitir frecuentes descansos cortos: Los descansos se permiten para reducir la fatiga, y estos se pueden dar con o sin trabajo. Los descansos durante el trabajo (descanso trabajando) permiten dar descanso a partes específicas del cuerpo. El aburrimiento y la monotonía aumentan la necesidad de tales descansos, ejemplo: el operador que deja de recoger unidades para llevarlas a otro lugar.
  - Dar instrucciones precisas en un formato comprensible: Los gráficos y esquemas son útiles ya que muestran aspectos ampliados y enfoques desde ángulos especiales, el usuario conserva las imágenes consigo para futura referencia.

### **2.3.6. Principios del diseño de estaciones de trabajo**

Adicionalmente se detalla también en los principios con respecto al diseño físico de las estaciones de trabajo (Konz, 1983 p. 236):

- Evitar cargas estáticas y posturas de trabajo fijas:

Un problema de carga estática es el manejo manual de material. El concepto clave es reducir al mínimo el brazo de palanca del objeto en relación con el eje central de la espina dorsal. Por tanto, llevar una carga sobre la espalda (con el centro de gravedad cerca de la espina dorsal) es mejor que llevarla en las manos.

Otro problema es el peso de los segmentos del cuerpo, en general, soportar los miembros, esto significa que los operadores deben estar sentados mientras realizan tareas.

- Fijar la altura de trabajo a 2 pulgadas abajo del codo:

La altura de trabajo se debe basar en la distancia al codo, no en la distancia al piso, por tanto la altura óptima de trabajo es la misma si se esta de pie o sentado.

Ya que la altura del codo varia si se esta sentado o de pie, y las personas tienen diferentes estaturas, cualquier estación de trabajo que se ponga a una distancia fija del piso tiene un diseño inadecuado.

Existen tres alternativas para el diseño: cambiar la altura de la máquina, cambiar la altura del codo, y cambiar la altura del trabajo.

- Proporcionar a cada empleado una silla ajustable:

El objetivo de una silla es permitir que los codos se ajusten al trabajo, por lo cual la altura de la silla debe ser ajustable. Otra característica importante de una silla es que el respaldo sea ajustable; el cual debe ser para arriba y para abajo, hacia dentro y hacia fuera.

Otros principios que se deben tomar en cuenta son:

- Apoyar los miembros superiores e inferiores.
- Usar pies y manos.
- Usar la fuerza de gravedad.
- Usar movimiento de ambas manos en lugar de movimientos de una sola.
- Usar movimientos paralelos para control visual de los movimientos de ambas manos.
- Usar movimientos de remar para los movimientos de ambas manos
- Mantener los movimientos de brazo dentro del área normal del trabajo
- Situar todos los materiales, herramientas y controles en un lugar fijo.
- Mirar objetos grandes durante mucho tiempo.

Adicionalmente al diseñar una estación de trabajo se debe tomar en cuenta los principios de la economía de movimiento, las cuales reducen la fatiga en un trabajo manual. Estos principios se agrupan en tres secciones: Uso del cuerpo humano, Acomodo del lugar de trabajo y diseño de las herramientas y equipo.

- Uso del cuerpo humano
  - Las dos manos deben de empezar y terminar sus movimientos al mismo tiempo.
  - Las dos manos no deben de estar ociosas al mismo tiempo, excepto durante periodos de descanso.
  - Los movimientos de los brazos deben hacerse en direcciones opuestas y simétricas, y esta operación debe ser simultánea.
  - Los movimientos de la mano y el cuerpo deben ser confinados a la clasificación más baja con la cual sea posible realizar el trabajo satisfactoriamente.
  - El momentum (efecto palanca) debe emplearse para ayudar al trabajador siempre que esto sea posible y debe reducirse a un mínimo si debe ser superado por un esfuerzo muscular.

- Los movimientos de las manos, suaves, continuos y curvado deben preferirse por sobre los movimientos de línea recta que incluyen cambios de dirección repentinos y agudos.
- Los movimientos balísticos son más rápidos, más fáciles y más exactos que los movimientos restringidos o controlados.
- se debe de acomodar un trabajo para permitir un ritmo fácil y natural siempre que sea posible.
- Las fijaciones del ojo deben ser tan escasas y tan cercanas una de la otra como sea posible.

#### Acomodo del lugar de trabajo

- Debe de existir un lugar definido y fijo para todas las herramientas y materiales.
- Las herramientas, los materiales y los controles se deben localizar cerca del lugar de uso.
- Los depósitos de alimentos por gravedad y los recipientes que se deben de utilizar para despacho de material deben estar cerca del lugar de uso.
- Se deben de utilizar las entregas parciales siempre que sean posibles.
- Los materiales y las herramientas se deben de localizar para permitir la mejor secuencia de movimientos.
- se deben de tomar providencias de condiciones adecuadas para ver. La buena iluminación es el primer requerimiento para la percepción visual satisfactoria.
- La altura de lugar de trabajo y de la silla deben preferiblemente arreglarse de tal manera que se tengan alternativas para sentarse y permanecer de pie en el trabajo sea fácilmente posible.
- Se deberá proporcionar una silla del tipo y altura para permitir una buena postura cada trabajador.

#### Diseño de las herramientas y equipo

- Se debe evitar que las manos realicen todo aquel trabajo que pueda hacerse en forma más ventajosa por una guía, una instalación o un dispositivo operado con el pie.
- Se deberán combinar dos o más herramientas siempre que sea posible.
- Las herramientas y los materiales se deben de colocar con anticipación siempre que sea posible.
- La carga se deberá distribuir de acuerdo con las capacidades inherentes de los dedos, donde cada dedo realice un movimiento específico, tal como en la mecanografía.
- Palancas, barras y manubrios se deben de localizar en posiciones tales que el operador pueda manipularlos con un cambio mínimo de la posición del cuerpo y con la mayor ventaja mecánica

# Capitulo 3

### **3. Marco Metodológico**

#### **3.1. Tipo de investigación**

Esta investigación tiene distintos enfoques metodológicos con el fin de completar los objetivos planteados, se presenta a continuación una serie de acercamientos a los tipos de investigación aplicables:

##### ***Investigación exploratoria***

Weiners (1988, Pág. 64) expone acerca de la investigación exploratoria lo siguiente:

**“...tiene por objetivo ayudar a que el investigador se familiarice con la situación problema, identifique las variables mas importantes, reconozca otros cursos de acción, proponga pistas idóneas para trabajos ulteriores y puntualice cual de esa posibilidades tiene la máxima prioridad en la asignación de los escasos recursos presupuestarios de la empresa.”**

La investigación se ajusta al tipo de investigación exploratoria al requerir que el investigador se adentre en el proceso de ensamble y en las especificaciones de la inspección PEVI, para detectar oportunidades de mejora en el proceso y las respectivas recomendaciones para normalizar el proceso. Un claro ejemplo de este enfoque es el análisis de la estación de trabajo PEVI en aspectos ergonómicos a través de listas de chequeo para entender la no aplicación de las condiciones mínimas.

##### ***Investigación Aplicada***

Venegas (1986, Pág. 22) afirma:

**“La investigación aplicada, también conocida como investigación practica, se realiza como su nombre lo indica, con fines prácticos, tanto para resolver un problema, como para tomar desiciones, evaluar programas, y en general par mejorar un producto o proceso por medio del estudio y prueba de conceptos teóricos en situaciones reales.”**

El enfoque práctico que en la investigación se evidencia al realizar el muestreo del transporte de lotes del área de ensamble al área de PMI, con el fin de precisar su impacto en el TPT del producto.

### ***Investigación Descriptiva***

Con relación a la investigación descriptiva, Best (1961, Pág. 28) menciona:

**“...comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición o procesos de los fenómenos. El enfoque se hace sobre las condiciones dominantes, sobre como una persona o cosa se conduce o funciona el presente. ”**

La investigación descriptiva se aplica al ajustar los datos extraídos del proceso a modelos estadísticos para corroborar su validez, tal es el caso del muestreo realizado en el transporte de los lotes de la estación PEVI al área PMI.

## ***3.2. Sujetos y fuentes de información***

### ***Sujetos de información***

Los principales sujetos de información de esta investigación son los operarios de la estación PEVI; ya que para diagnosticar las condiciones del modulo se requiere que los funcionarios ejecuten la operación en condiciones normales.

Por otro lado, se requiere el conocimiento técnico del ingeniero de modulo de PEVI y el ingeniero de PMI, con el fin de validar las recomendaciones propuestas, y el plan de trabajo que las integra.

## ***Fuentes de información***

- ***Fuentes primarias:***

Este bloque de información esta integrado por los elementos utilizados de manera directa y específica en la investigación. Las fuentes primarias de información son datos extraídos de bases de datos de la compañía.

Como punto de partida se consultan el modelo de capacidad de la fabrica, para obtener información de la duración estimada por operación, la cantidad de máquinas por operación, además la desviación estándar definida y estándar de costos.

Se consulta adicionalmente la base de datos *MARS*, con el fin de obtener un estimado de las fallas detectadas en el área de test para el producto Dempsey. Se obtienen registros de cuatro semanas de producción.

La solicitud de información se hace a un funcionario directo del departamento en cuestión: Ingeniería Industrial y la organización de Yield o rendimiento del producto. La solicitud de información se hace a través de correo electrónico con las especificaciones de información, en donde el funcionario adjunta el archivo en versión Excel con la información solicitada.

Se solicita soporte al departamento de finanzas para obtener un estado de resultados de la compañía, el cual se adjunta en su versión modificada para proteger la confidencialidad de la compañía.

## ***Datos del análisis***

En esta sección se debe distinguir de los datos utilizados para el análisis.

Puesto que se esta analizando el comportamiento de un proceso la población usada para el proceso es calificada como infinita, ya que es imposible obtener un muestreo de todos los eventos acontecidos en la línea desde su inicio de operaciones.

## ***Desarrollo del proyecto***

El proyecto comprende tres fases: Planeación, Diagnóstico y análisis de los procesos de trabajo en vigencia para el flujo del proceso de microprocesadores.

### **Planeación**

El objetivo principal de la fase de Planeación es definir el área sobre la cual se va a enfocar la investigación y limitar los recursos y otros elementos que influenciaran en la misma, por otro lado se definen los objetivos y se proyecta la duración de las actividades requeridas para completarlos.

Los componentes de esta fase son:

- Definir el problema de la investigación
- Delimitar el tema del proyecto, junto con la justificación del tema a desarrollar
- Especificar los objetivos de la investigación
- Definir el programa de trabajo con las actividades respectivas y los recursos necesarios.

De las diferentes secciones del proyecto, la fase de Planeación es la sección fundamental para dar dirección a la investigación y a los recursos invertidos, puesto que se define que hacer para resolver el problema citado, y se disminuye el riesgo a perderse en la misma.

Para delimitar el problema de la investigación se plantearon las interrogantes citadas por González (1997):

¿Es este un problema realmente importante?

¿Supondrá esta investigación algo importante?

¿Será interesante y tendrá alguna utilidad inmediata el resultado de la investigación?

Se formulan estas preguntas a una lista de posibles temas de investigación, con el fin de entender el impacto de resolver esta problemática, se selecciono el tema con el mayor impacto en las actividades de la fábrica.

Una vez definido el problema de investigación se procede a buscar la aprobación de jefaturas de la fábrica, con el fin de no tener restricciones a información confidencial y para obtener la aprobación del proyecto.

### ***Diagnostico***

El objetivo de esta fase es recopilar datos mediante la observación, entrevista y muestreo dentro del proceso productivo.

#### *Actividades de diagnostico*

Se desglosan a continuación los elementos base del diagnostico incluidos en la tabla 3.2.2:

**Actividad #1:** Elaboración de flujo de producto específico con base en su "Trought-put-time" real estimado:

- Herramienta:
  - Diagrama de Flujo→ Se consulta la ruta en WS del producto Dempsey y se representa la secuencia de las operaciones.
  - Análisis de TPT de producto→ Se consulta capacidad de producción que define el TPT del producto para confirmar datos que modela la capacidad de la línea.
  
- Variables a considerar:
  - Relación Constrain no Constrain de una operación depende de: máquinas instaladas en la fábrica, capacidad proyectada por turno. La clasificación se incluye en el análisis de TPT
  - WorkStream se utiliza como base para la representación del flujo de producto.
  
- Proceso:
  1. Consultar información de la línea: Modelo TPT de Ing. Industrial, archivos de WorkStream.
  2. Validar operaciones y tiempos de producción con experto del producto
  3. Representar el proceso con base en la información recopilada.

**Actividad #2:** Aplicación de modelo proceso-costo con base en datos de Dempsey

- Herramienta:
  - Análisis de Costos → Se integran las operaciones del producto, a la duración estimada para las operaciones y los costos directos de producción en una matriz que proporciona la estimación de costo unitario con una persona, como complemento se integran estimaciones con dos y tres funcionarios, ya que es una estrategia frecuentemente aplicada.
  
- Proceso:
  1. Detalle de las actividades parte del proceso.
  2. Clasificación de las actividades: actividad manual o actividad automática.
  3. Clasificación de actividades: Transporte, Inspección, Operación.
    - a. Inclusión de distancia a recorrer en las actividades transporte
  4. Especificar capacidad de producción por hora en cada actividad.
    - a. Utilización de estándares definidos en modelo de Ing. Industrial.
  5. Relación entre costo estimado por hora y capacidad de producción por hora.
    - a. Sumatoria de costo por actividad.
  6. Incremento de capacidad de actividades en dos y tres unidades permite conocer la capacidad de tener dos y tres funcionarios ejecutando la inspección visual.

**Actividad #3:** Aplicar cumplimiento de principios ergonómicos con base en la observación del proceso

- Herramienta:
  - Análisis de valor → Consiste en una verificación por operación del valor agregado (no incluye inspección de material y transporte del mismo) que la actividad tiene sobre el proceso. Parámetros de comparación: Si y NO. Esta lista de verificación se extrae del texto: ¿Como hacer reingeniería? De Manganeís (1996)

- Chequeo de aplicación de principios ergonómicos→ Aplicación de Lista de chequeo extraída del texto: Diseño de estaciones de Trabajo de Konz.

*Análisis de Valor*

- Extracción de elementos a verificar de libro de texto.
- Comprobación de elementos en el modulo.
  - Esta inspección se realiza en julio del año 2006, durante el turno diario al funcionario asignado al modulo PEVI.
- Clasificación de operaciones en SI y NO valor agregado, con base en:
  - Trabajo son actividades que cambian los insumos y que al no realizarse pueden tener impacto en la calidad del producto o en el cliente.
- Aplicación de la formula:
  - Eficiencia: Trabajo/ (trabajo + desperdicio) \*100%

*Chequeo de aplicación de principios ergonómicos*

- Extracción de lista de chequeo del texto.
- Comprobación de elementos en el modulo PEVI. Además se aplica la lista de chequeo en NGCAM.
  - Esta inspección se realiza en julio del año 2006, durante el turno diario al funcionario asignado al modulo PEVI.
  - Clasificación de elementos con base en cumplimiento o no cumplimiento de ítem.
- Ponderación y graficación de resultados

Cabe destacar que para ambas validaciones se realiza un muestreo con un 5% de error y 95% confianza y se obtiene el siguiente número de muestra:

**T a b l a 3 . 2 . 1**

<b>D e f i n i c i o n d e l a m u e s t r a</b>	
D e s v i a c i o n	0 . 8 5
E r r o r	5 %
c o n f i a n z a	1 . 9 6
M u e s t r a	5 5 . 5 1 1 1 2

Elaborado por: Lil Segura  
Fecha: 27 agosto 2006

# **Tabla de metodología**

# Capitulo 4

## **4. Diagnostico de la situación actual del proyecto**

### **4.1. Generalidades del proceso**

Como se menciona anteriormente el flujo de proceso para los microprocesadores Intel esta conformado por tres secciones principales: Ensamble, Prueba y Acabados Finales o finish.

Para las operaciones que integran test y finish se ha habilitado maquinaria que ejecute las actividades de cada una, en estos procedimientos el operario desempeña un papel trascendental, ya que es el responsable de monitorear el desempeño de la máquina, y además de verificar que el proceso se desarrolla de acuerdo a las condiciones preestablecidas para cada proceso.

Cabe destacar además, que con el fin de automatizar la recolección de datos del proceso como por ejemplo: rechazos, condiciones de mantenimiento para maquinaria, usuario asignado en cada máquina, entre otras; se han incorporado a cada máquina/módulo o operación interfaces computarizadas que registran las condiciones del proceso, de la maquinaria y otros datos necesarios para entenderlo.

Anteriormente la recolección de estos datos dependía del operario, pero con la introducción de esta interfaz denominada: Estación de Control<sup>2</sup> o Estation Controller (por sus siglas en ingles), las operaciones de manufactura, el equipo del proceso, y los sistemas de recolección de datos de la fábrica se han automatizado y a la vez se han integrado en un sistema común para toda el área de manufactura de la fabrica.

Algunas de las actividades incluidas en la cobertura de una SC incluyen:

- Transacciones de Work Stream<sup>3</sup>: Move in, move out, log de un evento, etc.
- Operaciones del equipo, se incluye: descarga y actualización de recetas en el equipo, selección de recetas específicas del producto, inicio y suspensión del equipo.
- Manipulación del material.
- Control estadístico del proceso

---

<sup>2</sup> En adelante se hará referencia a SC para referirse a este término.

<sup>3</sup> Se hará referencia mas adelante.

- Envío de información del estado del equipo a un sistema de registro del rendimiento del equipo.
- Monitoreo del seguimiento del proceso por parte del usuario.
- Verificación del uso correcto de materiales indirectos.

Todas las actividades automáticas del proceso tienen habilitada una SC para documentar los datos del proceso, en las actividades no automatizadas no se ha adecuado una SC.

## **4.2. *Proceso de ensamble***

Como se presentó anteriormente el área de ensamble tiene un nivel de 86% de automatización, a su vez, los módulos de esta área no se encuentran distribuidos en una relación 1:1, ya que su capacidad de producción varía y para disminuir el tiempo ocioso entre operaciones se instalan módulos adicionales y buscando así reducir el costo de producción causados por irregularidades con el inventario entre las operaciones de la línea.

Se presenta en la tabla 4.2.1 el ciclo de lote del proceso por actividad (CLP) el cual se define como el tiempo que transcurre desde que se termina un lote de proceso hasta que se termina el siguiente. El CLP por definición incluye los tiempos de proceso, tiempos de preparación y tiempos de espera para el lote. En el apéndice B se incluye el análisis para las tres fases del proceso.

En esta tabla se han categorizado las operaciones en: Constrain o restricción (C) y operaciones Non Constrain o no restricción (NC), se ha tomado en cuenta los siguientes criterios para proceder con la categorización de las operaciones: la operación constrain es aquella con únicamente una maquinaria habilitada para ejecutar el proceso, o bien, la máquina ha sido recientemente introducida en el proceso y por tanto requiere soporte técnico especializado para su ejecución. La operación non constrain cuenta con  $n+1$  máquinas para completar la actividad,  $n$  corresponde a los requerimientos mínimos necesarios en la fábrica para completar el flujo de producción (en todos los casos  $n=1$ , ya que son requisito para el flujo de ensamble de todos los productos)

Las actividades restricción representan 31%, mientras que las actividades no restricción representan un 69% del flujo de actividades de ensamble.

**Figura 4.2.1**  
**Tiempo de proceso para el producto Dempsey**

Process	Codigo de WS	CLP (h)	Capacidad (turno/máquina)	maquinas	Capacidad Area (u/turno)	est QT	Categoria de operacion	CLP final (h)	CLP final (Dias)
DI04	0009	1.00				0			
TRDI	1209	0.50	36480.00	10	364800.00	2	NonC	2.5	0.1
SCAM	1210	0.20	91200.00	4	364800.00	12	C	12.2	0.5
APL	1137	0.10	182400.00	2	364800.00	12	C	12.1	0.5
DFLX	1215	0.22	82162.16	2	164324.32	2	NonC	2.222	0.1
EYUF	1225	0.22	82162.16	2	164324.32	2	NonC	2.222	0.1
EYC	1235	0.22	82162.16	2	164324.32	2	NonC	2.222	0.1
PEVI	1246	1.00	18240.00	1	18240.00	12	C	13	0.5
IHSAA	1264	0.75	24320.00	3	72960.00	0	NonC	0.75	0.0
IHSC (BlueM)	1265	0.75	24320.00	3	72960.00	2	NonC	2.75	0.1
IHSS	1267	0.75	24320.00	3	72960.00	2	NonC	2.75	0.1
CSAM2	1268	0.25	72960.00	1	72960.00	12	C	12.25	0.5
CTL	1238	0.75	24320.00	3	72960.00	2	NonC	2.75	0.1
PIVI	1269	0.50	36480.00	2	72960.00	2	NonC	2.5	0.1
U04	5001	0.00			0.00	0	NA	0	0.0
R011	0011	0.00			0.00	0	NA	0	0.0
Admin Overhead								15	0.6
Subtotal (ensamble)								82.716	3.4
Subtotal NC								69%	
Subtotal C								31%	

Capacidad area de ensamble (u/turno) **71500**

Elaborado por: Lil Segura  
Fecha: 26 julio 2006

Por otro lado, al compilar el CLP de las actividades de ensamble se obtiene un tiempo total de proceso para un lote en ensamble de 83 horas o su equivalente de 3.4 días, el cual corresponde a la duración total o lead time para el producto Dempsey

#### 4.2.1. Capacidad y flujo

En la fábrica de procesadores de Componentes Intel de Costa Rica, el balance de línea se logra equilibrando el flujo del proceso, ya que al ordenar la ejecución de las actividades de la línea se disminuyen los retrasos del flujo, además se enfatiza en mantener stock mínimo de wip para que las operaciones cuello de botella se mantengan en constante ejecución.

Esto se muestra en la secuencia CSAM y CTL, ya que CSAM procesa por turno 73 000 unidades, mientras que cada modulo CTL procesa 25 000 unidades por turno, lo cual ocasiona que el volumen procesado en un turno por CSAM sea procesado en un periodo mínimo de tres turnos. Con el fin de aminorar la duración del tiempo de

espera del material en CTL se compraron e instalaron dos CTL adicionales durante el año 2003, lo cual incremento la capacidad del modulo a aproximadamente 75 000 unidades por turno (12h).

Por su parte las operaciones PEVI-Post Epoxy Visual Inspection- y DFLX, con capacidad total de 164 324.32 y 18 240.00 unidades por turno respectivamente, se han catalogado como operaciones cuello de botella dentro del proceso de ensamble.

Según Cuatrecasas (2000), las operaciones condicionantes o cuellos de botella son aquellas que tienen el valor mínimo de capacidad de todo el proceso, y por tanto este condiciona la del todo el proceso. Este ha sido el criterio seleccionado por la compañía para asignar el criterio de condicionante a las operaciones.

Adicionalmente, la operación PEVI se ha determinado operación cuello de botella por tener habilitado en la fábrica un único modulo manual para la inspección del material.

### **4.3. Post Epoxy Visual Inspection –PEVI-**

Como se menciona anteriormente, la operación PEVI es la única operación del flujo de producción del área de ensamble que no se ha automatizado, además es la única operación manual del flujo de ensamble, por tanto se procederá a especificar sus principales características y relaciones con otras áreas y procesos de la fábrica.

El objetivo de esta operación es examinar las unidades después de la aplicación interna de EPOXY<sup>4</sup> y verificar la calidad del ensamble de *dice* y componentes al sustrato en CAM

Esta operación se realiza por el operario, el cual inspecciona las unidades a través de un lente 10x, y el mismo es responsable de detectar las fallas por mal ensamble y mal aplicación de Epoxy para sacarlas del lote.

Se citan las principales anomalías que se detectan en PEVI:

- Componentes perdidos: no se puso un componente en el área especifica
- Duplicidad en los componentes: al ensamblar un componente se ponen 2 en un mismo lugar del sustrato

---

<sup>4</sup> Polímero que sella los puntos de soldadura entre el dice y el sustrato

- Componentes desalineados: los componentes se corren y no concuerdan con la posición requerida.
- Soldadura incorrecta: se ocasiona en DLFX, debido a que no se coloca el "Flux" o pasta para soldar requerida y no se realiza la unión entre sustrato y componente.
- Die desalineado: Se genera en CAM, debido a un mal-posicionamiento del dice.

Según datos suministrados por la compañía, aproximadamente un 95% de las anomalías detectadas en PEVI se originan en la operación NGCAM, y un 5% en DLFX.

Al concluir la operación PEVI continúa en la secuencia del proceso la operación IHS, en la cual se adiciona a las unidades el disipador de calor. Este disipador tiene un costo aproximado de ₡3500 por unidad. Este disipador no es reutilizable, por tanto si se detecta defectuosa la unidad posterior a su ensamble en la unidad de sustrato el disipador (HS) queda inutilizable debido a que fue adherido al sustrato a través de soldadura.

Por otro lado, en el área de test una unidad con die desalineado, componentes perdidos o torcidos no puede transportar el voltaje desde el sustrato al dice, por tanto se genera una falla eléctrica, la cual se clasifica como Bin<sup>5</sup> paramétrico en el área de test.

### **4.3.1. Automatización del proceso**

Tomando en cuenta la tendencia de automatización de procesos de la compañía, se consulta al Grupo de Automatización sobre los planes para realizar la implementación de maquinaria o de adecuar un SC que permita automatizar el proceso de PEVI, con el fin de hacerlo no dependiente del recurso humano, y se indicó que la automatización de PEVI no está definida en las prioridades de la fábrica por las siguientes razones:

---

<sup>5</sup> Bines (plural) Bin (singular), corresponden a la clasificación de velocidad entre las unidades de un lote que se da en el área de prueba.

- Se están realizando mejoras en SC<sup>6</sup> y procesos de menos de un año de ser introducidos en la línea de producción, como NGCAM<sup>7</sup> y Zygo<sup>8</sup> SC, las cuales han tenido inconvenientes para lograr el estimado de producción por turno, lo que ha causado que el Thought Put Time (TPT) para productos específicos incremente.
- Se han establecido estrategias de soporte en los requerimientos de capacidad en PEVI, al asignar personal adicional para ejecutar el proceso y disminuir el problema de aprovisionamiento de material en la operación IHS.
- No se ha manifestado oportunidades de automatización en el proceso de inspección PEVI que justifiquen el desarrollo de una SC.

#### 4.3.2. Flujo de operaciones

PEVI esta integrada de un conjunto de 9 operaciones, las cuales son ejecutadas por el operario sin la utilización directa de herramientas, por lo cual la capacidad de producción de los turnos depende directamente de la rapidez con la que el operario realiza la verificación de las unidades. (Se presenta el flujo de proceso en el **apéndice C**) El operario debe manipular las unidades de un tray<sup>9</sup> y verificar que cada unidad este ensamblada de acuerdo un patrón de producto,.

Al ser la capacidad dependiente del recurso humano y al tener una diferencia de capacidad entre PEVI e IHS de 55000 unidades por turno, se asigna personal adicional para inspeccionar material en PEVI.

Los operarios que se asignan al área PEVI es personal que esta en la categoría de "overtime" o extras, y ocasionalmente es personal que se reasigna de otras áreas de la fábrica. se adjunta la tabla 4.3.2.1 donde presentan las interacciones entre la operación PEVI y la operación IHS con incremento de personal

Al incrementar la capacidad de PEVI adicionando uno, dos y tres operarios para la ejecución de las actividades, sin tomar en cuenta el inventario entre operaciones, no se consigue aprovisionar el material que el modulo de IHS puede procesar en un turno.

<sup>6</sup> Acrónimo de referencia para las Station Controller ó Estaciones de Control

<sup>7</sup> Acrónimo para "New Generation CAM machine", la cual soporta productos con múltiples dice

<sup>8</sup> Máquina de metrología en el área de preparación del dice o die prep

<sup>9</sup> Dispositivo contenedor de las unidades de un lote, hay de dos tipos: de 10 unidades de capacidad y 12 unidades.

**Figura 4.3.2.1**  
**Incremento en la capacidad de PEVI**

<b>Proceso</b>	<b>maquinas</b>	<b>Capacidad Area (u/turno)</b>	<b>material entre operaciones</b>
<b>PEVI</b>	1	18240.00	<b>146084</b>
<b>IHSAA</b>	3	72960.00	<b>-54720</b>
<b>PEVI</b>	2	18240.00	127844
<b>IHSAA</b>	3	72960.00	<b>-36480.00</b>
<b>PEVI</b>	3	54720	109604
<b>IHSAA</b>	3	72960	<b>-18240</b>

Elaborado por: Lil Segura

Fecha: 6 agosto 2006

### **4.3.3. Gestión de Calidad**

En el área de prueba, las unidades se someten a una simulación de condiciones extremas de transmisión de corriente con el fin de detectar insuficiencias en el procesamiento de voltaje. Bajo estas condiciones se obtiene también una proyección de la velocidad máxima que el microprocesador alcanza dadas las condiciones simuladas, esta clasificación se conoce en el proceso como *Bineo* y cada categoría se define como un numeral, haciendo que las categorías mas importantes vayan del Bin 1 al Bin 6, el resto de bins son las insuficiencias detectadas en el proceso de test.

Las unidades defectuosas no encontradas en PEVI son detectadas en test mediante la clasificación en los siguientes bins:

- Bin44: Unidades con componentes perdidos
- Bin78: Duplicidad en los componentes
- Bin81: Componentes desalineados
- Bin33: Soldadura incorrecta

Para evaluar la cantidad de escapes que se dan en la operación PEVI se realiza un análisis de las fallas en test para el producto en Dempsey en un rango de 4 semanas. (Ver apéndices D, E con diagrama de Pareto y comportamiento de Dempsey).

**Tabla 4.3.3.1**  
**Perdidas para el producto Dempsey**

Dempsey	ww1	ww2	ww3	ww4	total
<b>volumen (u/semana)</b>	<b>100390</b>	<b>88435</b>	<b>50366</b>	<b>20605</b>	<b>259796</b>
<b>rendimiento (%)</b>	<b>0.9098</b>	<b>0.8844</b>	<b>0.8518</b>	<b>0.8978</b>	<b>0.88595</b>
<b>perdidas (u/semana)</b>	<b>9055.178</b>	<b>10223.086</b>	<b>7464.241</b>	<b>2105.831</b>	<b>28848.3362</b>

Perdidas (unidades)	%	Volumen	Total
<b>Bin81</b>	<b>0.349</b>	<b>10068</b>	<b>22011</b>
<b>Bin44</b>	<b>0.414</b>	<b>11943</b>	
<b>Otros Bines</b>	<b>0.237</b>	<b>6837</b>	<b>6837</b>

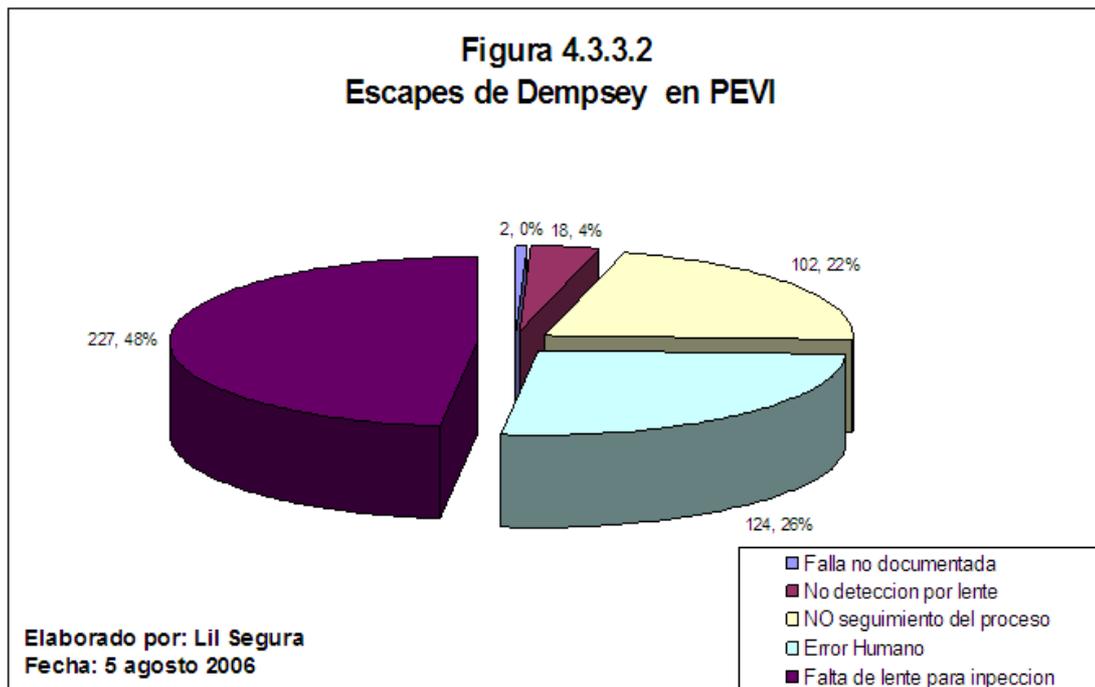
**Elaborado por: Lil Segura**  
**Fecha: 29 julio 2006**

Según la tabla 4.3.3.1, del total de perdidas en test para el producto "Dempsey" un 76.3% son defectos no capturados en PEVI, lo cual representa 22 mil unidades en un periodo de 4 semanas, para una producción de 290 mil unidades.

A su vez, se realiza un muestreo de las fallas de ensamble de Dempsey detectadas en el área de prueba, con base en un 95% de confianza se obtuvo resultados presentados en la figura 4.3.3.2

La falta de lente para la inspección es la causa más sobresaliente de la no detección de defectos, con 48% de recurrencia; esta causa se vincula con que la estación de trabajo esta diseñada para una persona y cuando se requiere maximizar la capacidad en PEVI se asignan uno o dos recursos adicionales, lo que provoca que los operarios adicionales en PEVI inspeccionen sin lupa el material; provocando que se ejecute el proceso fuera de sus especificaciones técnicas, la cual es el tercer factor recurrente de los escapes de PEVI , con un 22% asignado.

La segunda causa de no detección de fallas es el error humano, con 26% de ocurrencia, que el operario no estuviera entrenado y que además su nivel de experiencia en la operación fuera menor a un mes, fueron los criterios tomados en cuenta al definir error humano como factor contribuyente en los escapes de defectos en PEVI.



#### 4.3.4. Costos

Los costos de la detección tardía de defectos son: mano de obra, disipador de calor y recursos.

Como se menciona anteriormente, el valor aproximado de una unidad disipadora de calor (IHS) es de ₡3 500 y no es reutilizable debido a que es soldada al sustrato.

Con el fin de relacionar la producción semanal y los defectos PEVI, se toma como base la tabla 4.3.3.1, la cual muestra los defectos en test para "Dempsey", y se obtienen los valores de la tabla 4.3.3.3, en donde se evidencia que la compañía incurrió en aproximadamente 83 millones de colones por no detectar fallas efectivamente en PEVI.

Por otro lado, con base en un precio de venta de US\$ 850, las unidades defectuosas detectadas en PEVI tuvieron un impacto de 8% sobre las ventas de Dempsey en el periodo analizado, otras fallas detectadas en el proceso tuvieron un impacto del 3%.

**Tabla 4.3.3.3**  
**Costo unitario y defectos para Dempsey**  
**Costo por unidad**

	<b>850</b>	<b>Precio Venta (CRC)</b>	<b>Precio Venta (US\$)</b>
<b>Total unidades producidas (4 semanas)</b>	259,796.00	114,829,832,000.0	220,826,600.0
<b>Total Perdidas (4 semanas)</b>	28,848.00	12,750,816,000.0	24,520,800.0
<b>Total unidades detectadas en PEVI</b>	22,011.02	9,728,872,608.0	18,709,370.4
<b>Costos de defectos</b>			
<b>mano de obra</b>	264,132.00		
Sustrato, Dice y componentes	5,720,000.00		
Disipador de calor	77,038,500.00		
<b>Total</b>	<b>83,022,632.00</b>		

Fecha: 31 julio, 2006  
Elaborado por: Lil Segura

#### 4.3.4.1. Costos de mano de Obra

La producción estimada de PEVI por turno por operario es de 5400 unidades; lo cual como se ha expuesto anteriormente no es suficiente para mantener en operación continua al modulo de IHS.

Con el fin de aumentar el volumen para aprovisionar el modulo de IHS, se incrementa el número de operarios en PEVI. En la tabla 4.3.4.1 se presentan el costo unitario con tres, dos y un operario: el costo unitario de mano de obra al tener 2 personas disminuye un 50%, mientras que al tener 3 personas el costo unitario se reduce en ~67%.

**Tabla 4.3.4.1**  
**Analisis de costos por unidad**

<b>Criterio</b>	<b>Costos (¢)</b>
<b>Total PEVI por unidad (solo 1 funcionario)</b>	<b>12</b>
<b>Total PEVI por unidad ( 2 funcionarios)</b>	<b>6</b>
<b>Total PEVI por unidad ( 3 funcionarios)</b>	<b>4</b>

Elaborado por: Lil Segura  
Fecha: Julio 2006

Este valor de costo de producción unitario se hace con base en la estimación de que el aporte individual por operario es de 5,400 unidades por turno, cuando se incrementa el número de operarios, la capacidad del módulo se incrementa multiplicando el volumen que operario inspecciona por la cantidad de operarios en la operación.

#### 4.3.5. Análisis de valor para el proceso

Se realiza a continuación un análisis del valor existente en las actividades que forman parte de PEVI, el criterio para definir si una actividad tiene valor agregado en un proceso se asigna con base en la siguiente premisa:

Las actividades de valor agregado son las que modifican los insumos que entran al sistema, no se pueden sustituir dentro del proceso y son detectadas por el cliente si no se realizan. Por su parte las actividades sin valor en el proceso son aquellas como el transporte, que causan demoras en el flujo del proceso.

Para PEVI se obtiene una eficiencia para el proceso de un 33%, en la tabla 4.3.5.1 se presenta la tabla resumen por actividad.

El valor agregado para las actividades de PEVI está compuesto por la inspección visual que el operario realiza en las unidades, y además de las actividades indirectas que el operario debe ejecutar para no arriesgar la calidad de las unidades.

En contraste, el desperdicio dentro del proceso está integrado principalmente por el transporte de material a la estación de trabajo y el transporte a la siguiente operación.

**Tabla 4.3.5.1**  
**Análisis de Valor para PEVI**

#	Actividades	Valor agregado	
		Si	NO
1	Mover lote al area PEVI		X
2	Sacar trays del carro	X	
3	revisar trays en lente 10x	X	
4	Apilar trays en area derecha de mesa de trabajo		X
5	Registrar boleta de unidad perdida, si aplica		X
6	Documentar perdida de unidades en WS, si aplica	X	
7	Apilar unidad perdida y boleta en area de perdidas , si aplica		X
8	Devolver tray a carro		X
9	Mover lote a area de Wip		X
	<b>Total</b>	3	6
	<b>valor agregado</b>	33.33%	
	<b>Desperdicio</b>	66.67%	
	<b>Eficiencia:</b>	33.33%	

Elaborado por Lil Segura  
Fecha: 3 julio 2006

Es importante destacar que para poder incrementar la eficiencia de este proceso se deben reducir las actividades desperdicio del proceso, a la vez incrementar las actividades de valor agregado que lo integran.

#### **4.3.6. Análisis ergonómico**

Con el fin de ponderar el cumplimiento de los principios ergonómicos en la estación de trabajo PEVI, se aplica una lista de chequeo recomendada por Konz ( 1992) con la que se busca verificar la economía de movimientos y el nivel de fatiga presente en PEVI.

La lista de verificación se enfoca principalmente en elementos relacionados con la vigencia de los movimientos que integran los procesos como: balance en la secuencia de movimientos, facilidad de ubicación de las herramientas a utilizar en el proceso, entre otros. Además, se verifica el diseño de la estación de trabajo monitoreando elementos como: la luz, ventilación, silla con respaldo, entre otras.

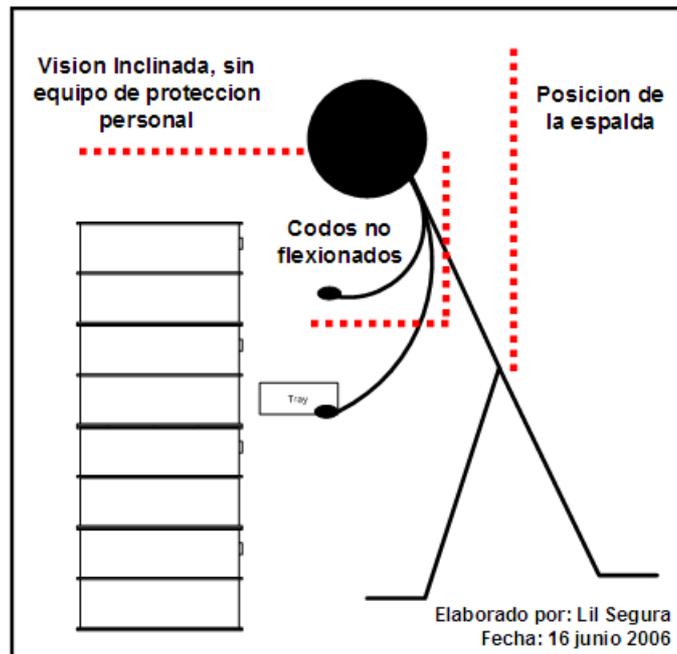
La lista de chequeo esta conformada por 12 preguntas, las cuales se enfocan en economía de movimientos (preguntas: 2, 4, 6, 7, 8,9) y en la estación de trabajo (preguntas 1, 3,5, 10, 11 12). Se presenta la lista de chequeo completa en el apéndice F.

En la operación PEVI se obtuvo un 67% de incumplimiento de las condiciones ergonómicas básicas en la estación de trabajo, además se tiene un 83% de incumplimiento de los elementos verificados relacionados con la estación de trabajo.

Los principales elementos que se encuentran por fuera de los principios ergonómicos básicos son:

- Los operarios no siguen el procedimiento para la ejecución de la inspección de las unidades, ya que con el fin de verificar mayor cantidad de trays no los sacan del carro transportador y ahí inspeccionan las unidades. (ver figura 4.3.7.1)

**Figura 4.3.7.1:  
Postura del operador al ejecutar PEVI sin seguir el procedimiento**



- Principales riesgos: el operador esfuerza la vista al realizar la inspección sin equipo de protección personal, postura incorrecta de espalda, se encuentra de pie una gran mayoría del turno.
- El lente para inspección 10x no se encuentra disponible, por tanto los operarios deben realizar la verificación de las unidades sin ningún tipo de equipo de protección personal.
- Principales riesgos: el operador esfuerza la vista al realizar la inspección sin equipo de protección personal.

Adicionalmente, se aplicó esta encuesta en la operación NGCAM, en donde se tiene un cumplimiento de 97.5% en promedio de ambas categorías.

## **4.4. Sistema de información**

En la fábrica existen una serie de reportes y bases de datos que recolectan información del proceso, y que sirven de consulta para monitorear la ejecución de la fábrica.

Se presentan a continuación los más críticos para la ejecución y seguimiento de la producción:

### **4.4.1. Workstream**

La base de datos "Workstream", en adelante WS, es la base de datos genérica del proceso.

En WS se mantienen principalmente registros los lotes que se encuentran en cualquier área de la línea de producción, a la vez con esta información se asocia, el producto al que pertenece, y un perfil detallado que permite determinar los componentes que se usan para ensamblar el lote, además de mantener un perfil de los operarios que lo procesan. (En el anexo 2 se adjunta la pantalla de acceso principal a WS.)

Algunas de las transacciones que se documentan en WS son: pérdida de unidades, registro de lotes on hold, seguimiento de la ruta de un producto, seguimiento de un lote específico por la línea de producción, revisión de los componentes que se agregan al producto, acceso a los funcionarios que manipulan en lote por operación específica, entre otras.

Como parte del proceso PEVI, cuando el funcionario encuentra una unidad que esta fuera de las especificaciones del proceso/producto, debe documentar la unidad como pérdida del proceso.

Se adjunta en la Tabla 4.4.1.1 un ejemplo de códigos de pérdida para productos con doble dice en PEVI en lo referente a die desalineado.

El mantener registrada las pérdidas de producto con una nomenclatura estandarizada garantiza que al consultar la base de datos para conocer los indicadores de rendimiento del producto el personal no relacionado directamente con

el proceso comprenda las áreas de enfoque sobre las cuales se debe mejorar el rendimiento de la línea.

**Tabla 4.4.1.1.  
Codigos de perdida para PEVI**

<b>Codigo</b>	<b>Descripcion</b>
<b>MP01</b>	El die 1 no esta alineado correctamente con el sustrato, el die 2 si esta alineado correctamente
<b>MP02</b>	El die 2 no esta alineado correctamente con el sustrato, el die 1 si esta alineado correctamente
<b>MP03</b>	Los dice 1 & 2 no estan alineados correctamente con el sustrato
<b>MP04</b>	La combinacion de die danado y die rechazado debido a splice joint en un producto dual die
<b>MP05</b>	La combinacion de die danado y die caido en un producto de doble die

recopilado por: Lil Segura  
Fecha: 23 mayo 2006

#### **4.4.2. Reportes MARS**

MARS es una Base de datos que se alimenta de la información cargada en WS, la principal funcionalidad de MARS es que es de uso amigable para los usuarios y el usuario puede encontrar datos clasificados por tipo de producto, por operación, y otros criterios definidos previamente.

En la figura 4.4.2.1. Se presenta una de las pantallas principales del menú de MARS, cada producto tiene asignada una celda, con la cual se almacena la información relacionada al mismo sobre la cual el usuario puede navegar y acceder de manera visualmente sencilla.

Los reportes pueden ser exportados a Excel y se presentan en formato PDF a los usuarios.

Con base en los datos de los reportes MARS es que se proyecta la producción diaria de la fábrica y se le da seguimiento a material específico.

**Figura 4.4.2.1**  
**Ventana de acceso a reportes MARS por producto**

WV	OPER	CUPP	CUPP	OR BOLD	PREV	SHFT AD	CUPP	CUPP	CUPP	WTD	WTD	WTD	WTD	TRF GOAL	ACTUAL	EQUIPMENT
SEVC		(PROD)	(OTHER)	(ALL)	SHIFT	OF ROW	SHIFT	SHIFT	DAY	FEED	ACTUAL	BELTR	ACTUAL	(ALL)	TRF-POLL	REQUIRED
					(ALL)	(PROD)	(ALL)	(PROD)	(PROD)	(PROD)	(PROD)	(PROD)	(OTHER)	(ALL)	14	(ALL)
	ADDV-C LOTR															
	CT96															
	F-LV-ASTR															
36	TRD1		2.1													
36	CAB		10.4													
36	Q-MSA															
36	CTL-ROTATE															
36	APL-ROTATE															
36	LF-FOU1															
36	FL1															
36	EVFF															
36	EVIC															
36	CSMB		0.1													
	PEM															
36	PEVI															
36	PEVI															
36	DMC		0.2													
36	INDA-A															
36	INDC															
36	INDC															
36	COMB2															
36	CTL															
36	FU1															
36	UOG															
36	FGG															
36	OTRER-A		0.5													
36	DEIBINC					1.0		(0.80)	2.4	8.0				(8.00)		
36	DEIBINC					1.0		(0.80)	2.4	8.0				(8.00)		
36	DEIBINC															
36	CI80KH	0.9	1.0													
36	CPCL					1.0		(0.80)	2.4	8.0				(8.00)		
36	CI80KH															
36	LC8B															
36	LC8B															
36	MO80KH															
36	MO80KH															
36	MO80KH					1.0		(0.80)	2.4	8.0				(8.00)		
36	MO80KH					1.0		(0.80)	2.4	8.0				(8.00)		
36	MO80KH															

Informacion Confidencial de Componentes Intel de CR  
Reporte extraido: 26/6/2006 11:43am

### **4.4.3. CRMS**

CRMS—acrónimo para Centralized Recipe Management System—tiene el objetivo de almacenar y administrar las recetas de cada módulo. Una receta comprime una serie de instrucciones, información de material y requerimientos al iniciar el procesamiento de material. CRMS es una plataforma genérica para distintos módulos de distintas fabricas, con el fin de de unificar el proceso de administración y mantenimiento de las recetas de los productos.

El objetivo principal de este sistema es reducir el número de excursiones debido al uso incorrecto de recetas y además estandarizar el diseño de la fábrica en lo que concierne con la creación y administración de recetas.

Algunas características de CRMS: sistema flexible, se puede usar en módulos con y sin SC, provee una interfase basada en aplicaciones Web a los usuarios, integra las bases de datos CDIS<sup>10</sup> y MARS.

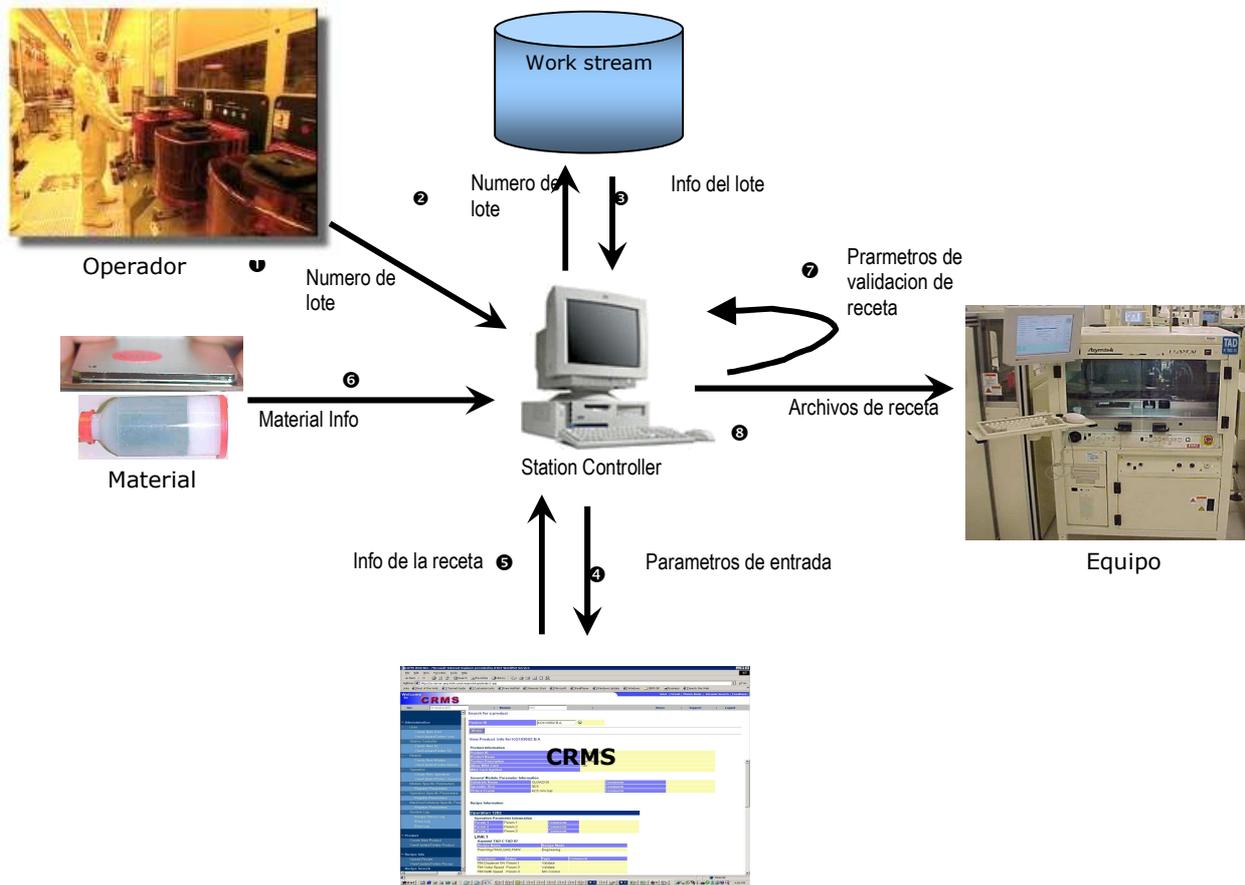
En la figura 4.4.3.1. Se presenta un diagrama con el macro proceso de CRMS y las interacciones que CRMS tiene con los elementos parte del proceso.

Como se observa en el proceso, CRMS valida los parámetros de funcionamiento de la máquina, además de los materiales indirectos que se utilizan para el procesamiento de material con base en el número de lote.

---

<sup>10</sup> Base de datos utilizada por ingeniería para el control de proceso.

**Figura 4.4.3.1**  
**Macro proceso de CRMS**



Recopilado por: Lil Segura  
 Contribucion de departamento de Ingenieria de Componentes Intel CR  
 Fecha: 28 de Julio, 2006

# Capitulo 5

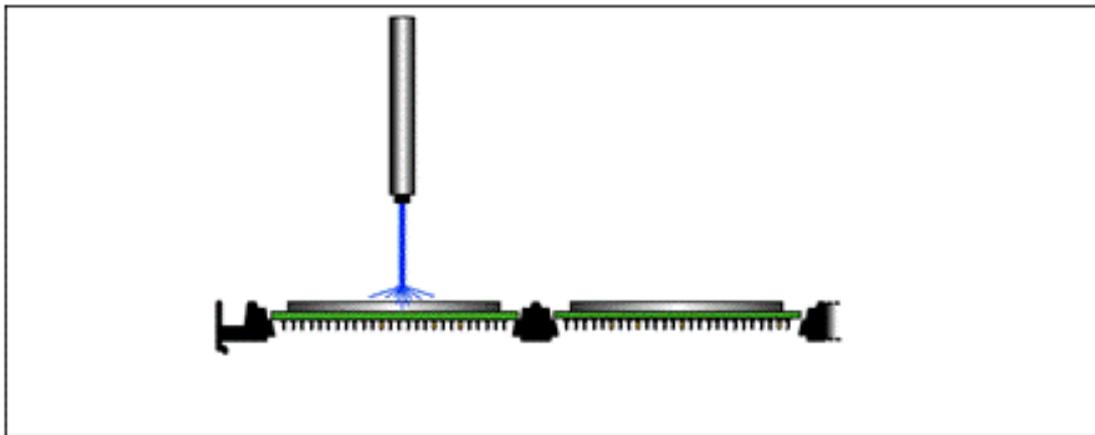
## 5. Soluciones al problema planteado

### 5.1. *Análisis y determinación de la tecnología*

La operación Post Mark Inspection, en adelante PMI, consiste en una inspección similar a la de PEVI, ya que se realiza en la parte superior de las unidades al concluir la marca final en el área de finish del proceso. Para realizar esta inspección se utiliza la máquina Rofin HS-1000.

Esta máquina tiene un brazo mecánico que se moviliza en vectores X,Y. Este brazo mecánico tiene como Terminal una lectora láser que verifica que el lugar donde se marcan las unidades y características de la marca concuerde con la receta almacenada en su base de datos. En la figura 5.1.1 se presenta un diagrama de la unidad láser sobre las unidades

**Figura 5.1.1**  
**Láser en brazo mecánico de ROFIN HS-1000**



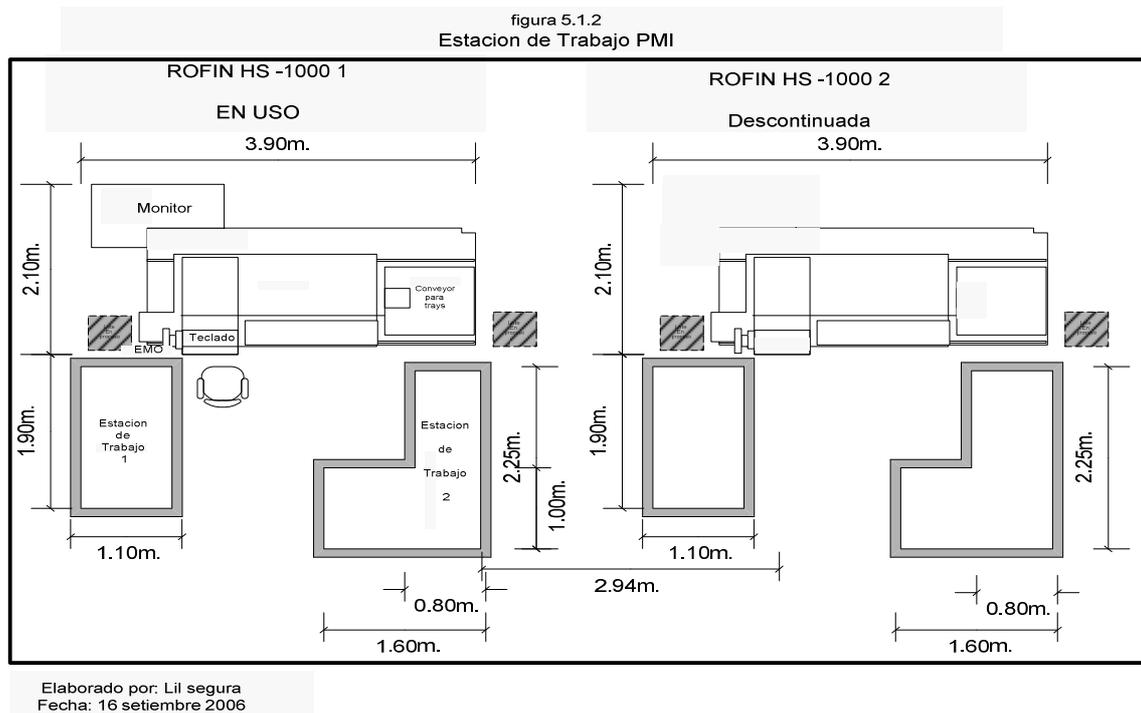
Para: Fuente: Componentes Intel de CR  
especificaciones o punto de control el diseño de una unidad microprocesador, y se  
Fecha: 1 septiembre, 2006 almacena en la máquina como una receta de producto.

Las unidades de un lote se comparan contra la receta del producto y al detectar unidades defectuosas se extraen del lote a través de un dispositivo "pick and place"<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> Término en inglés que se refiere a seleccionar y poner, que separa las unidades defectuosas del lote

En la distribución de planta de la fábrica existen instaladas dos máquinas ROFIN HS-1000, sin embargo en la producción se utiliza una máquina debido a la capacidad estimada individual de 55 mil unidades por turno.

Por esta razón, la segunda ROFIN esta actualmente descontinuada y muchas de sus partes se utilizan como repuesto para la ROFIN que se encuentra en producción.



Esta máquina es flexible, puesto que su patrón interno de verificación se ajusta a los parámetros indicados en la receta

Las dimensiones de ROFIN son de: 2.10 x 3.9m, adicionalmente, la estación de trabajo PMI tiene dimensiones de 1.9m x 2.75m. Se ha designado una estación de trabajo para la operación PMI ya que es necesario que los operarios realicen el conteo de las unidades del lote.

En la figura 5.1.2 se presenta un diagrama de estación de trabajo en PMI, con las máquinas existentes en el piso de producción.

Se destacan los elementos faltantes en la segunda estación PMI: Silla, Monitor, Teclado y Mouse ergonómico, además del EMO: Emergency Operations Mode, botón

que activa el modo de emergencia para la suspensión de la máquina y el conveyor para trays: Dispositivo que intercala el ingreso de trays al interior de la herramienta

## **5.2. Ingeniería del proyecto**

### **5.2.1. SC para PEVI**

Con el fin de automatizar las transacciones y la recolección de datos en la operación PEVI se resalta la opción de adaptar una SC o estación de Control para esta operación, con la adaptación de una SC en esta operación se lograra que el proceso no dependa del criterio humano para normalizarse o para mantenerse dentro de control, si no que una interfaz automatizada regule la recolección de datos del proceso, monitoree las transacciones del proceso y alerte al usuario cuando el proceso se encuentre fuera de especificaciones.

La secuencia a seguir para desarrollar e implementar una SC al proceso PEVI se detalla a continuación:

- Definir miembros del equipo para integración y desarrollo de SC: se recomienda integrar un equipo interdepartamental con el fin de incluir requerimientos específicos de los usuarios directos de la operación, se recomienda incluir un representante de los siguientes departamentos: Sistemas de Manufactura, ingeniería del proceso, ingeniería del producto, ingeniero de manufactura
- Desarrollar CRD—Customer Requirement Document—el cual es un documento que detalla los requerimientos del usuario final y los requerimientos de almacenamiento de información en la base de datos.
- Desarrollar PRD—Product Requirement Document—en este documento se enumeran las especificaciones que se deben incluir por tipo de producto y que se requieren documentar y o controlar en el proceso.
  - Elaborar un análisis de fallas y efectos del proceso. Con este análisis se busca documentar aspectos no considerados en el CRD y PRD, con el fin de incluirlos en futuras actualizaciones a la SC, adicionalmente se busca relacionar

las fallas más comunes presentadas en el ambiente producción con funcionalidades específicas incluidas en la SC.

- Desarrollo de la SC; en esta fase se transcriben los requerimientos del usuario y de producto en la aplicación y se realizan una serie de ensayos de uso, junto con los miembros del equipo, con el fin de verificar que los requerimientos documentados previamente, se hayan incluido y que además estos requerimientos sean de fácil interpretación, y uso por parte del usuario final. Además se completa la documentación correspondiente a la SC.

- Prueba de la SC en ambientes simulados al de producción:

- Alfa Testing—En español Pruebas Alfa—Consiste en una serie de pruebas genéricas para comprobar el funcionamiento de la aplicación a niveles macros, o sea, se verifica que la aplicación funcione correctamente, y además se verifica que las especificaciones mas importantes se hayan incluido y que tengan el valor agregado esperado en el proceso. Es importante destacar que en el Alfa testing no se utilizan unidades reales para realizar las pruebas, si no que todo el ambiente de prueba se realiza en simulaciones de producción para probar escenarios extremos que pueden presentarse en la producción real.

- Beta Testing—En español Pruebas Beta—Básicamente consiste en la utilización de la SC para procesar unidades reales, en el Beta Testing el operario utiliza la SC para la ejecución de la operación, se busca verificar que la secuencia de actividades que se realizan en la aplicación, junto con la recolección de datos del proceso se ejecuten sin errores de interfase que paralicen la producción en la operación.

- UTP de la aplicación—Acrónimo de Up To Production—o puesta en producción de la aplicación, una vez depurados los errores de las pruebas alfa y beta se procede a implementar la aplicación en el piso de producción.

### **5.2.1.1. Desarrollo e implementación de la SC**

Como se menciona anteriormente, el primer paso es definir el programa de trabajo del proyecto, con el fin de demarcar las actividades críticas y el tiempo designado para cada una.

En el apéndice G se presenta el programa de trabajo para la implementación de la SC.

Debido a que la SC para PEVI se basa en la plataforma ASTRA, la cual es la aplicación base para el resto de las SC del proceso, el proceso de desarrollo de la SC puede ser asignado a un estudiante avanzado de informática, o bien con un ingeniero recién graduado de la Universidad, ya que el nivel de dificultad no justifica asignar a un ingeniero informático/programador experimentado.

Basándose en el enfoque de reducción de costos y eficiencia impulsado en la organización durante el presente año, se recomienda formar el grupo de trabajo de PEVI SC con los siguientes representantes: ingeniero de sistemas de manufactura, ingeniero/pasante de automatización, ingeniero de modulo, integrador VF de operaciones de ensamble y prueba –VF AO integrator—. Los funcionarios parte del PEVI SC deben asegurarse que los requerimientos de la PEVI SC incluyan áreas críticas del resto departamentos no incluidos.

#### **5.2.1.1.1. Roles y responsabilidades de miembros de PEVI SC**

Se detallan a continuación las principales responsabilidades asignadas a los miembros del equipo

- Ing. sistemas de manufactura:
  - Coordinar con el ing. de Introducción de Nuevos Productos los requerimientos de nuevos productos, el inicio de corridas, y posibles impactos de las actividades de PEVI SC para el/los productos.
  - Responsable del desarrollo y documentación del CRD, PRD y AMFE
  - Responsable de asegurar que los requerimientos incluidos en el correspondiente CRD, PRD.
  - Desarrollar/implementar sistemas de manufactura en el modulo, si se requiere: sistemas antimixing<sup>12</sup>, de monitoreo o transporte de material, por mencionar algunos.

---

<sup>12</sup> Técnicas para evitar la mezcla entre productos

- Detallar y desarrollar las principales modificaciones requeridas en los sistemas actuales para soportar la inclusión de la operación. (WS, reportes, etc.)
  - Participar en el alfa y el beta testing, dar recomendaciones cuando se requiera en el ambiente de prueba.
  - Punto de contacto para la fabrica en lo referente a cambios en el proceso y coordinar con el departamento de training para que se proliferen los procedimientos actualizados con los cambios.
- Ingeniero/pasante de automatización:
    - Responsable de incluir los aspectos descritos en el CRD y PRD en la interfaz de SC.
    - Detectar los puntos no incluidos en los requerimientos de CRD y PRD y evaluar planes de contingencia para aminorar el impacto en la producción.
    - Integrador de todas las secciones de la SC.
    - Co-líder en la ejecución de las pruebas Alfa y Beta
    - Responsable de la implementación y el UTP<sup>13</sup> de la SC, brindando soporte a los operarios en las primeras 3 semanas de corridas en producción.
  - Ingeniero de modulo:
    - ◆ Verificar los requerimientos incluidos en el CRD y PRD, con el fin de validarlos y aprobar su inclusión en la SC.
    - ◆ Asegurar que los datos a extraer del proceso sean recopilados, procesados, documentados, y almacenados en una base de datos.
    - ◆ Co-líder en la ejecución de las pruebas Alfa y Beta.
  - Integrador VF de operaciones de ensamble y prueba –VF AO integrador—.
    - ☒ Asegurar que los requerimientos incluidos en la SC sean aplicables en el resto de las fábricas de Intel.
    - ☒ Miembro activo del grupo PEVI SC.

---

<sup>13</sup> Acrónimo para el termino en inglés : Up To Production, referente a puesta en marcha de máquina o un sistemas

### **5.2.1.1.2. Disponibilidad del personal para el proyecto**

La siguiente propuesta de asignación de tiempo para el desarrollo de la PEVI SC toma en cuenta las fases identificadas del proyecto:

**Tabla 5.2.1.2.1**  
**Dedicacion del personal al proyecto**

Miembro	Fase del proyecto / % tiempo					
	Planeacion	Desarrollo	Prueba	Alfa	Beta	UTP
Sistemas de Manufactura	50%	70%	15%	30%	70%	45%
Automatizacion	50%	100%	100%	100%	100%	100%
Dueno de Modulo	65%	45%	80%	80%	80%	65%
VF AO integrator	60%	45%	15%	45%	45%	0%
Operarios	0%	0%	0%	30%	30%	25%

Elaborado por: Lil Segura

Fecha: 18 agosto 2006

Con la distribución del tiempo del personal basado en el programa oficial del proyecto se aminora el tiempo muerto o improductivo del proyecto.

### **5.2.1.2. Desarrollo del CRD y PRD**

Se detalla en los apéndices H y I la Rev-1 del CRD y PRD para la PEV SC.

En el CRD—Customer Requirement Document— se especifican en una lista los requerimientos de proceso, en lo referente a recolección de datos y oportunidades de automatización.

En el apéndice H se adjunta el documento que incluye las especificaciones a incluir en la SC.

Por su parte en el PRD se documentan los requerimientos por producto, en los cuales se especifica detalladamente los casos de uso y las condiciones de automatización requeridas.

La documentación generada en este proyecto necesita la aprobación de gerencia, además del visto bueno de miembros de fábricas de Asia y Estados Unidos para poder proceder con el desarrollo del SC, por esta razón se ha asignado como revisión -1.

Se detallan a continuación los principales aspectos incluidos en la SC de PEVI:

- Auto recopilación de datos: La SC debe contar con la capacidad de recopilar datos del proceso y almacenarlos en la base de datos respectiva.
- Se definen las especificaciones a inspeccionar por producto en CRMS, la SC previo a la inspección de un lote baja la receta por producto.
- Se habilita el auto move-in, auto move out de lotes, además del auto-diagnostico del estado de la máquina

#### **5.2.1.3. Adecuación de la ROFIN HS-1000**

Como se menciona anteriormente, en ROFIN HS-1000 se modifican los parámetros de inspección con base en una receta de producto almacenada en el software de la máquina.

Adicionalmente, la ROFIN en desuso ha sido desmantelada en varias partes que han sido utilizadas en la herramienta que ejecuta PMI. Los elementos que deben reemplazarse para habilitar la herramienta ROFIN son: silla, monitor, teclado y Mouse ergonómico, Emergency Operation Mode (EMO) y el conveyor<sup>14</sup> para trays. Estas reparaciones van a ser asignadas al ingeniero de mantenimiento de la máquina.

Además de adaptar la máquina para ejecutar la verificación PEVI, se sugiere desarrollar una estación de Control—SC— para documentar los datos derivados en la ejecución del proceso y facilitar el control de las variables, para que así la normalización del proceso no sea completamente responsabilidad del operario de la máquina.

Cabe destacar, que al automatizar los elementos parte del proceso en PEVI, las condiciones ergonómicas para el personal se ven impactadas positivamente, ya que la máquina realizaría la verificación de las unidades.

En el apéndice I se adjunta el programa de trabajo propuesto para el ajuste de la máquina para la ejecución de PEI.

Se destacan los elementos más importantes descritos en el programa:

- Definición de los parámetros que se deben inspeccionar por producto.

---

<sup>14</sup> Dispositivo similar a una bandeja donde se ponen las unidades rechazadas.

- Documentar los parámetros en el código reconocido por el Software de la máquina—Creación de receta—.
- Cargar las especificaciones de inspección para las unidades a través de una receta de producto en CRMS.
- Realizar las validaciones de las reparaciones y de funcionamiento de maquinaria en horarios de oficina, para contar con el soporte del ingeniero del modulo y el ingeniero de mantenimiento.

Realizar ensayos con unidades experimentales para verificar el cumplimiento de los parámetros de prueba: se deben realizar por el ing. de modulo, además se recomienda realizar estas pruebas 3 semanas previo a las pruebas alfa.

El programa de adecuación de la maquinaria y demás configuraciones se hacen con base en la características y especificaciones del producto Dempsey.

## **5.2.2. Sistemas de la fábrica**

### **5.2.2.1. Sistema de transporte**

No se proyecta movilizar la ROFIN HS-1000 al área de ensamble, por el contrario, el material a inspeccionarse en PEVI debe moverse al área de finish, y en esta área se ejecutarán ambas operaciones en conjunto: PMI y PEVI.

Se debe tomar en cuenta el impacto que la movilización de material hacia el modulo PMI pueda tener sobre el TPT del área de ensamble, además de que se requieren técnicas para diferenciar el wip de PEVI y PMI para evitar mezclas o mixing de material.

La distancia recorrida según el plano del área de wip de PEVI a la operación PMI es de 90.56m. Por su parte, la distancia recorrida entre la estación PMI y el área de wip de CSAM es de 85.105m. (Ver plano en apéndice Q)

Con base datos recopilados de transporte hacia el área de trabajo PMI y hacia CSAM, (datos se basan en la distribución normal, con 95% de confianza y 2% de error) , se obtiene un promedio de transporte de material desde el área de ensamble a la

estación PMI( donde se encuentra ROFIN) y de la estación PMI a la estación CSAM de:

*Tiempo promedio de transporte de PEVI a PMI: 3.686 minutos*

*Tiempo promedio de transporte de PMI a CSAM: 3.896 minutos.*

Los datos recolectados se presentan en el apéndice K

Se introducen estos valores en el modelo del producto Dempsey, para proyectar el impacto en TPT que el transporte del material tiene en la ejecución general del producto. (Ver TPT Con modificaciones en el apéndice L)

Se obtienen los siguientes resultados:

**Tabla 5.2.1.1**  
**Contraste de TPT's**

Operacion	Horas	Delta (Hr)	Dias	Delta
<b>PEVI-en ROFIN</b> se asume el CLP de .3h, sin degradar la capacidad de la maquina, mas 3.6 min de transporte	407.816	7.100	17.000	0.300
<b>PEVI</b> Inspeccion manual	414.916		17.300	

**Elaborado por: Lil Segura**

**Fecha: 30 agosto 2006**

En el cálculo de TPT se incluye el transporte de material del área ensamble al área de finish, lo que incrementa su CLP de .3h a .4h por lote, pero al incrementar la capacidad de la operación se obtiene una mejora de 7.1h en el TPT de ensamble.

### **Mixing de material**

El mixing de material es la mixtura que se da entre material durante un proceso determinado, sus principales causas son: mala disposición del mismo en un área conjunta o por falta de conocimiento del personal para situar el material en áreas conjuntas.

En el área de ROFIN se va a tener la presencia de material semi-terminado (wip de PMI) y material con aproximadamente 60% del proceso incompleto (PEVI)

Como primer paso para determinar el riesgo de mixing entre el material PMI y PEVI se resaltan las diferencias entre ambos:

**Tabla 5.2.2.1.2**  
**Diferencias de lotes PMI y PEI**

<b>Característica</b>	<b>PMI</b>	<b>PEVI</b>
<b>Nomenclatura del lote</b>	product name incluye SSPEC	Product name con lng ID
	BZ8PFDYV A C L96A9	BZ8PFDYV A C LG 9
<b>Identificación del lote</b>	Nomenclatura inicia en 3	Nomenclatura inicia en 4
	3611B228	4619B329
<b>verificación de la SC</b>	SC verifica datos de OLF por unidad y compara con product name	NA
	Receta se extrae de CRMS	

**Elaborado por: Lil Segura**

**Fecha: 24 julio 2006**

Nota:

Product name → Nomenclatura de cada tipo de producto

SSPEC → Últimos 4 caracteres de Product name, definen la velocidad de las unidades

OLF → Operación en la que se asigna velocidad específica a cada lote

Ing. ID → Caracteres que permiten diferenciar producto con particularidades específicas en assy.

Estas diferenciaciones son parte de la verificación realizada por WorkStream (WS) cuando se actualiza la operación en al que se encuentra un lote dentro del flujo, además es parte de los aspectos que la SC verifica internamente para reflejar material disponible a procesar., por tanto, al tomar estos elementos como parámetros de control en el área de sistemas se puede afirmar que efectuar un mixing no es posible, si embargo se recomienda identificar las estaciones de

trabajo ROFIN con el fin de mantener la exclusividad en las operaciones entre ellas.

### **5.3. Escenarios a evaluar**

Con base en la problemática citada anteriormente se procede a desglosar el escenario sobre el cual se realiza el análisis financiero:

Se procede con la adecuación del software de ROFIN para la inspección PEVI, implementando además una SC en la estación de trabajo para automatizar el proceso.

No se considera la opción de movilizar la ROFIN al área de ensamble ya que no se encuentra disponible el área necesaria para instalarla con base en sus dimensiones.

### **5.4. Evaluación financiera**

En esta sección se desglosa la inversión estimada que debe realizar Componentes Intel de Costa Rica una vez que se concluya implementar los cambios propuestos en la operación PEVI.

#### **5.4.1. Inversión**

La inversión estimada para implementar el proyecto se desglosa en dos partes: Desarrollo e implementación de la SC y adaptación de PEVI en la ROFIN HS-1000.

Por su parte la adaptación de la máquina tiene dos partes: reparaciones requeridas para normalizar funcionamiento y la inclusión de los parámetros de la inspección post-Epoxy del material en la receta CRMS.

#### 5.4.1.1. **Desarrollo e implementación de la SC**

Los rubros de esta sección son servicios profesionales de los funcionarios involucrados en el proyecto, para detallar el tiempo a invertir en la tabla 5.4.1.1.1 se presenta la dedicación de los miembros del equipo por fase de proyecto.

**Tabla 5.4.1.1.1**  
**Dedicacion del personal al proyecto**

Miembro	Fase del proyecto / % tiempo					
	Planeacion	Desarrollo	Prueba	Alfa	Beta	UTP
Sistemas de Manufactura	50%	70%	15%	30%	70%	45%
Automatizacion	50%	100%	100%	100%	100%	100%
Dueno de Modulo	65%	45%	80%	80%	80%	65%
VF AO integrator	60%	45%	15%	45%	45%	0%
Operarios	0%	0%	0%	30%	30%	25%

Elaborado por: Lil Segura  
Fecha: 18 setiembre, 2006

Con base en esta proyección de tiempo de personal y el programa de desarrollo de SC de la sección 5.2 se desarrolla una proyección de costos para cada una de las fases del desarrollo de la SC. (Ver tabla 5.4.1.1.2)

**Tabla 5.4.1.1.2**  
**Costo Estimado por servicios profesionales en el desarrollo de PEVI SC**

Salario promedio (\$)	Miembro	Fase del proyecto / % tiempo						Total
		Planeacion	Desarrollo	Prueba	Alfa	Beta	UTP	
	Duracion estimada(meses)	3	4	1	1	1	1.5	
1200	Sistemas de Manufactura	1800	3360	180	360	840	810	7350
600	Automatizacion	900	2400	600	600	600	900	6000
1200	Dueno de Modulo	2340	2160	960	960	960	1170	8550
1200	VF AO integrator	2160	2160	180	540	540	0	5580
400	Operarios				120	120	150	390
	<b>TOTAL INVERTIDO (\$)</b>	<b>7200</b>	<b>10080</b>	<b>1920</b>	<b>2460</b>	<b>2940</b>	<b>3030</b>	<b>27630</b>

Total incluido Incremento de seguridad

29130

Elaborada por: Lil Segura  
Fecha: Agosto 2006

Para realizar este análisis se toma como base las siguientes premisas:

- salario promedio para cada ingeniero es de \$1200,
- el ingeniero de automatización tiene un salario de \$600 ya que es una contratación de la modalidad, RCG—Recién Graduado Universitario— o un Intern—pasante universitario—.

Se obtiene un total a invertir de US\$28 mil, los cuales se disuelven en un periodo de 11.5 meses, no se toma en cuenta un incremento en los salarios, ya

que los aumentos de salario por Performance review<sup>15</sup> de la compañía son efectivos a partir de la primera quincena de mayo.

Adicionalmente se recomienda incluir un monto de seguridad de entre US\$1000 y US\$2000, con el fin de contener eventualidades con el personal durante las pruebas alfa y beta.

Con esta inclusión la inversión a realizar para implementar la PEVI SC es de US\$29 130.

#### **5.4.1.2. Adaptación de ROFIN HS-1000**

Como se menciona anteriormente la adecuación de la maquinaria esta integrada de dos partes: reparaciones de la máquina para normalizar su funcionamiento y adecuación de la máquina para que ejecute la inspección Post-Epoxy.

##### **5.4.1.2.1. Reparación de la máquina**

Se presentan a continuación el precio de los repuestos y accesorios de ROFIN HS-1000:

**Tabla 5.4.1.2.1  
Accesorios/repuestos de ROFIN**

<b>Elementos</b>	<b>Precio (\$)</b>
Silla	86.54
Monitor	192.31
Teclado y Mouse ergonómico	125.00
EMO	495.92
Conveyor para trays	657.69
<b>Total</b>	<b>1557.45</b>

Elaborado por: Lil Segura

Fecha: Agosto 2006

Adicional a la inversión en repuestos es necesario tomar en cuenta el tiempo requerido por el ingeniero de mantenimiento para arreglarla; según el programa de trabajo de la sección de Ingeniería del proyecto se requieren 15 días laborales para efectuar las reparaciones.

---

<sup>15</sup> El performance review es una evaluación anual del desempeño y logros del personal, con base en esta evaluación se asignan los aumentos de salario

Bajo la misma premisa de salario (salario mensual para Ing. US\$1200) con una dedicación de 100% del tiempo se proyecta un costo estimado de US\$600 para las reparaciones de la máquina.

Por tanto, las reparaciones de la máquina tienen un costo de US\$2 157.45.

#### **5.4.1.2.2. Adecuación ROFIN en PEVI**

En el programa de trabajo del apéndice M, se presenta la propuesta para realizar las tareas para la reparación de ROFIN y para la creación de la receta en CRMS.

La duración del proyecto es de aproximadamente 12 días, sin embargo las partes de la máquina son entregadas 10 días después de su pedido, por tanto se causa retraso en esta sección del proyecto.

Es importante destacar que la adecuación de la máquina para ejecutar la inspección post-epoxy, se realiza en paralelo con el inicio de la fase de prueba de la PEVI SC, porque se requieren actividades con la máquina y el ing. de modulo es responsable de completar ambas tareas.

El tiempo a dedicar por el ingeniero es el restante 20% del tiempo no acaparado por el proyecto PEVI SC, el periodo para finalizar la receta y las reparaciones de la máquina se contabilizan en la siguiente tabla, (este análisis se basa en la promesa de salario mensual del ingeniero de US\$1200.)

**Tabla 5.4.1.2.2.1  
soporte de Ing para receta de CRMS**

<b>Semana</b>	<b>1 al 5 enero 2007</b>	<b>8 al 12 de enero 2007</b>	<b>15 al 19 enero 2007</b>	<b>22 a 26 de enero 2007</b>
<b>%</b>	<b>15%</b>	<b>20%</b>	<b>20%</b>	<b>20%</b>
<b>\$</b>	<b>\$45</b>	<b>\$60</b>	<b>\$60</b>	<b>\$60</b>
<b>salario promedio</b>	<b>\$300</b>			
<b>TOTAL</b>	<b>\$225</b>			

Elaborado por: Lil Segura  
fecha: Agosto 2006

#### **5.4.1.2.3. Modificación del área PMI wip**

El área de wip para PMI y para PEVI se va a demarcar con el fin de ordenar el área de trabajo y evitar confusión de material prima entre operaciones.

Los costos a incurrir al disminuir el área de wip para PMI son los siguientes

**Tabla 5.4.1.2.3.1**  
**Costos de adecuar area de PMI wip**

<b>Elementos</b>	<b>\$</b>
<b>15 rollos cinta azul</b>	<b>\$22</b>
<b>15 rollos cinta negra</b>	<b>\$22</b>
<b>Tiempo de medicion y actualizacion de sistemas</b>	
<b>Operario (10%)</b>	<b>\$5</b>
<b>Ing Industrial (10%)</b>	<b>\$30</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$79</b>

Elaborado por: Lil Segura

Fecha: Agosto 2006

#### **5.4.1.2.4. Total de la inversión**

Se adjunta a continuación un compilado de la inversión requerida para implementar la ROFIN HS-1000, implementación de la SC y la adecuación del área de wip de PMI.

**Tabla 5.4.1.2.4.1**  
**Integracion de propuesta**

<b>Propuesta</b>	<b>\$</b>
<b>Implementacion de SC</b>	<b>\$29,130</b>
<b>Adecuacion de ROFIN</b>	<b>\$2,382</b>
<b>Modificacion de area de PMI wip</b>	<b>\$79</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$31,592</b>

Elaborado por: Lil Segura

Fecha: Agosto 2006

Se debe incluir adicionalmente dentro de la inversión del proyecto el valor en libros de la ROFIN HS-1000.

Para esta máquina se definió su depreciación en línea recta para un periodo de 15 años, de los cuales han transcurrido siete, y sobre esta valoración se parte para realizar la estimación del costo de maquinaria. En la siguiente tabla se presenta el valor actual de la maquinaria, el cual es de US\$953 780.

**Tabla 5.4.1.2.4.2**

<b>Valoracion actual del equipo</b>	
Valor del equipo	<i>\$1,788,337.50</i>
Anos depreciado	<i>7</i>
Depreciacion Equipo	<i>834557.5</i>
Valor actual en libros	<i>\$953,780.00</i>

**Recopilado por: Lil Segura**

**Fecha: agosto 2006**

El costo total de la inversión es de US\$1, 016,963.18, pero la inversión requerida por la empresa para automatizar el proceso es de US\$31,591.59.

### **5.4.2. Financiamiento del proyecto**

Este proyecto será financiado con fondos de la compañía, sin embargo el departamento de finanzas exige es tener como mínimo un 30% de rentabilidad sobre las ganancias con base en un análisis financiero proyectado a 10 años para poder justificar la asignación de fondos para el proyecto.

### **5.4.3. Escenarios del análisis**

Con el fin de entender el impacto de la inversión de la propuesta sobre las ganancias de la compañía se realizan escenarios con distintas fluctuaciones, que incluyen los siguientes parámetros:

- Inflación, aumento en costos de operación y administrativos.
- Disminución máxima en las ventas

Es importante destacar que debido a razones de confidencialidad de la información de la empresa se presentara un estado de resultados modificado, el cual se basa

sobre el estado de resultados real de la compañía. Se adjunta el mismo en el apéndice N.

#### 5.4.3.1. **Escenario con Inflación**

En este escenario se ha incorporado el crecimiento anual en las ventas, costos y los gastos administrativos de la siguiente manera:

Tabla 5.2.3.1.1  
Incremento en los flujos porcentuales

Ventas	11.00%
Costos	8.50%
Gastos	7.25%

	Ventas	Costos	Gastos		Ventas	Costos	Gastos
AÑO 1	\$1,933,313.50	\$414,281.46	\$675,987.00	AÑO 6	\$3,257,745.68	\$622,937.09	\$959,234.63
AÑO 2	\$2,145,977.99	\$449,495.38	\$724,996.06	AÑO 7	\$3,616,097.70	\$675,886.74	\$1,028,779.14
AÑO 3	\$2,382,035.56	\$487,702.49	\$777,558.27	AÑO 8	\$4,013,868.45	\$733,337.11	\$1,103,365.63
AÑO 4	\$2,644,059.48	\$529,157.20	\$833,931.25	AÑO 9	\$4,455,393.98	\$795,670.77	\$1,183,359.63
AÑO 5	\$2,934,906.02	\$574,135.57	\$894,391.26	AÑO 10	\$4,945,487.32	\$863,302.78	\$1,269,153.21

Elaborado por Lil Segura  
Fecha: Agosto 2006

El índice de incremento de las ventas costos y gastos se define con base en estados de resultados previos de la compañía. En el apéndice O se presenta el análisis completo para este escenario.

#### 5.4.3.2. **Escenario con Disminución de las ventas**

En este escenario se han incorporado la reducción anual en las ventas de la siguiente manera:

Tabla 5.4.3.2.1  
Disminucion maxima de ventas

PORCENTAJE		0.20769	
	Ventas		Ventas
AÑO 1	\$1,933,313.50	AÑO 6	\$603,639.94
AÑO 2	\$1,531,783.62	AÑO 7	\$478,269.96
AÑO 3	\$1,213,647.48	AÑO 8	\$378,938.08
AÑO 4	\$961,585.03	AÑO 9	\$300,236.43
AÑO 5	\$761,873.44	AÑO 10	\$237,880.32

Elaborado por Lil Segura  
Fecha: Agosto 2006

Esta disminución es la proyección máxima que se puede obtener con base en los datos brindados por la compañía. Se presenta el escenario completo en el apéndice P.

#### 5.4.3.3. **Análisis de Sensibilidad**

Se adjuntan a continuación los indicadores con respecto a los escenarios presentados anteriormente.

**Tabla 5.4.3.3.1 Indicadores para escenarios del proyecto**

<b>INDICADORES</b>	<b>Flujo normal</b>	<b>Flujo Inflacion</b>	<b>Disminucion ventas</b>
<b>VAN</b>	<b>\$750,588.32</b>	<b>\$2,114,340.57</b>	<b>\$1,257,534.57</b>
<b>TIR</b>	<b>43%</b>	<b>59.36%</b>	<b>#DIV/0!</b>
<b>PR</b>	<b>2.24</b>	<b>2.16</b>	<b>2.16</b>
<b>RC</b>	<b>4.18</b>	<b>0.29</b>	<b>4.34</b>

Elaborado por: Lil Segura

Fecha: Agosto 2006

El periodo de recuperación para el escenario de flujo normal es 2 años, 2 meses y 26 días, para el flujo con inflación de 2 años, 1 mes y 24 días aproximadamente.

Las recomendaciones propuestas para la operación PEVI están dentro de los criterios definidos por la compañía para aceptar el proyecto con base en dos escenarios distintos:

$$TIR \geq CCT(30\%)$$

$$VAN > 0$$

# Capitulo 6

## **6.1. Conclusiones**

- 6.1.1.** El proceso productivo de los microprocesadores en componentes Intel de Costa Rica esta integrado por tres fases principales: ensamble (assembly), pruebas (Test) y acabados finales (finish).
- 6.1.2.** En las fases de test y finish se ha habilitado maquinaria para la ejecución del proceso, además se ha habilitado una interfaz computarizada (SC) para documentar las condiciones del proceso.
- 6.1.3.** La operación PEVI—acrónimo para Post Epoxy Visual Inspection—es la única operación no automática del flujo de ensamble. Esta operación consiste en realizar inspección del material para detectar anomalías en la soldadura del dice (CAM) y la aplicación del Epoxy. Las principales anomalías detectadas en PEVI son: dice desalineado, duplicado o perdido.
- 6.1.4.** La estación de trabajo PEVI esta conformada por una lupa, un escritorio y una silla, las cuales son compartidas por los múltiples operarios que ejecutan PEVI.
- 6.1.5.** El volumen máximo a procesar por turno en PEVI es de 18 240 unidades, sin embargo el volumen máximo a procesar por la operación IHS (consecutiva en el flujo) es de 72 960 unidades, por lo que frecuentemente hay una discrepancia de 54 720 unidades.
- 6.1.6.** Para aminorar este impacto en la secuencia PEVI a IHS, se asignan funcionarios adicionales para que inspeccionen unidades, lo cual ocasiona que no se desarrolle la inspección

bajo las condiciones establecidas: los operarios adicionales del módulo realizan la inspección sin lupa.

- 6.1.7.** Aunque se aumente el personal en la estación PEVI, no se logra disminuir el faltante de wip entre PEVI a IHS, sin embargo el costo unitario disminuye hasta en un 50% cuando se asigna personal adicional.
- 6.1.8.** Los defectos no capturados en el modulo PEVI son detectados en el área de test, destacándose como "bines parametricos". Tal es el caso del producto Dempsey, ya que de un periodo de 4 semanas de volumen acumulado en test, un 76.3% de los defectos capturados corresponden a defectos en PEVI: componentes desalineados y componentes perdidos.
- 6.1.9.** Los escapes de PEVI se atribuyen principalmente a la falta de un lente para la inspección (47,99%), errores humanos (26,22%), no seguimiento del proceso (21,56%).
- 6.1.10.** Con el fin de incrementar el volumen procesado en PEVI, así como disminuir la cantidad de unidades no defectuosas en esta operación se presenta la opción de adaptar la maquina ROFIN HS-1000 para que ejecute la inspección PEVI. Esta máquina tiene la capacidad de procesar 55 000 unidades por turno, y con este volumen se logra disminuir el TPT del área de ensamble en 7.1h.
- 6.1.11.** Como complemento a la adecuación de esta máquina se detallan los requerimientos para implementar una Station Controller (SC)—Estación de Control—para documentar datos del proceso.
- 6.1.12.** La inversión total para la adecuación de ROFIN, el desarrollo de la SC y la demarcación del área de wip en PMI es de US\$31 592.

- 6.1.13.** El proyecto será financiado con fondos de la compañía, pero existe una restricción de obtener como mínimo 30% de rentabilidad sobre las ganancias.
- 6.1.14.** Se realiza un análisis financiero con base en datos financieros proporcionados por la compañía, cabe destacar que del mismo estado financiero se desglosan dos escenarios: con inflación, el cual incrementa las ventas, costos y gastos en: 11%, 8,5% y 7.25% respectivamente, un escenario con disminución de ventas, en el cual se disminuyen las ventas a una razón de 20,7% anuales.
- 6.1.15.** De acuerdo al Análisis de Sensibilidad los resultados de los escenarios son los siguientes:
- 6.1.16.** En el primer escenario el Valor Actual Neto (VAN) corresponde a US\$750 588,32, la Tasa Interna de Retorno (TIR) 43% y el Periodo de Recuperación (PR) . 2 años, 2 meses, 26 días.
- 6.1.17.** En el segundo escenario el aumento anual en los precios de ventas a un 11% y el costo de venta a 8.5%, se obtuvo un valor de VAN de US\$2 114 340,32, el TIR de 59,36% y P.R. 2 años, 1 mes, 24 días.
- 6.1.18.** Con respecto al Análisis de Sensibilidad en el mejor de los casos sería que hubiera una disminución de los gastos, obviamente las utilidades aumentarían, y por ende el VAN y el TIR de igual forma se incrementarían; donde el periodo de recuperación sería menor que los demás escenarios.
- 6.1.19.** De igual manera, para el escenario normal y el de inflación el proyecto es rentable; sin embargo para el escenario con disminución de las ventas el proyecto el TIR es negativo, por lo cual no se cumple con el requerimiento de la compañía.

## **6.2. Recomendaciones**

- 6.2.1.** Se deben adaptar las fechas del programa general del proyecto, una vez que se obtenga el financiamiento para el mismo, con el fin de ajustarlos al periodo en que se inicia sin afectar la duración estimada para cada actividad.
- 6.2.2.** Asignar como gerente del proyecto a un funcionario miembro del departamento ingeniería de proceso, ya que un ingeniero de esta categoría es especialista en los procedimientos parte del proceso y tiene la capacidad de integrar las distintas áreas parte del mismo.
- 6.2.3.** Solicitar a las jefaturas de los departamentos destacados como críticos en el desarrollo de la SC personal con al menos un año de antigüedad en el puesto, con el fin de integrar un equipo de miembros experimentados con diversos criterios en la documentación de requerimientos de automatización del proceso.
- 6.2.4.** Debido a que el tiempo asignado por los miembros del proyecto se encuentra delimitado en porcentajes de acuerdo a sus fases, se sugiere que los miembros del proyecto realicen reportes de avance sus tareas específicas al gerente del mismo. Los avances se pueden realizar con frecuencia semanal, quincenal o mensual, de acuerdo a la criticidad en la que se encuentre el proyecto.
- 6.2.5.** Se recomienda iniciar el proceso de compra de los repuestos de ROFIN HS-1000 una vez se inicie el proyecto, esto con el fin de evitar retrasos en el arribo de las piezas requeridas.
- 6.2.6.** Iniciar un proceso de comunicación entre el personal del piso de manufactura, específicamente en el área de ensamble y acabados finales con el fin de que los operarios entiendan el

proyecto que se va a implementar y conozcan el impacto de este proyecto en sus actividades.

- 6.2.7.** Revisar el perfil de entrenamiento actual de los operarios certificados en PEVI con el fin de incluir el paquete de entrenamiento de ROFIN HS-1000 dentro de la certificación PEVI. Además, se debe validar que con la inclusión de PEVI en ROFIN no se necesiten cambios en el entrenamiento ROFIN HS-1000.
- 6.2.8.** Realizar las modificaciones necesarias al procedimiento de proceso PEVI, para que refleje la secuencia de actividades a realizar en ROFIN como parte de PEVI. Estas modificaciones deben realizarse una vez que se haya puesto en ambiente producción la SC.
- 6.2.9.** Adicionalmente, se recomienda a realizar las transformaciones al área de wip de PMI una vez que se defina fecha para implementar el nuevo proceso PEVI, se recomienda además realizar las modificaciones al menos con una semana laboral de anticipación, con el fin de que los 4 turnos de la fábrica puedan observar los cambios en el área de finish.
- 6.2.10.** Con el fin de validar la interacción entre ROFIN HS-1000 y la SC se sugiere realizar las pruebas alfa y beta durante la primera semana con lotes conformados de unidades desechadas previamente, en lugar de material sin defectos. Esto por la principal razón de examinar la tolerancia a los defectos de la máquina y la SC, una vez reconocido este nivel se inspecciona material que fluye en el proceso para que se inspeccionen defectos reales.

- 6.2.11.** Cuando se asigne la fecha para implementar el nuevo proceso para PEVI, se propone que se realice en el turno diurno, con el soporte de los miembros del proyecto.
- 6.2.12.** Se recomienda además que una vez implementado este proyecto en la fábrica de microprocesadores de Costa Rica, se expanda al resto de las fábricas de microprocesadores de la corporación. Al hacer la transferencia a otras fábricas, se debe enfatizar la documentación: planeación, requerimientos y demás ya que esta es la base para implementar ROFIN en PEVI para otras fábricas.

## Glosario

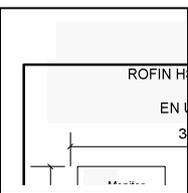
- **Test:** Parte del proceso de manufactura de los microprocesadores, donde se examina el rendimiento de las unidades.
- **Dice/die:** Cerebro de la unidad microprocesador.
- **IHS:** acrónimo par el concepto de Integrated Heat Spreader o disipador de calor, el cual se adhiere a las unidades en la fase de ensamble.
- **HVI:** Acrónimo para High Value Inventory o para la producción de alto volumen de material.
- **Antimixing:** Técnicas para evitar la mezcla entre productos
- **Assembly:** termino en ingles para el área de ensamble de unidades.
- **Bines:** Bin (singular), corresponde a la clasificación de velocidad entre las unidades de un lote que se da en el área de prueba.
- **CDIS:** Base de datos utilizada por ingeniería para el control de proceso.
- **Conveyor:** Dispositivo similar a una bandeja donde se ponen las unidades rechazadas.
- **CRMS:** Acrónimo para Centralized Recipe Management System, base de datos sobre la cual se almacenan las recetas de modulo de producto.
- **Dempsey:** Nombre de producción para un servidor con doble dice.
- **Desktop:** Termino en ingles para Computadoras de escritorio
- **Dice:** Es el término en ingles para el cerebro del microprocesador.
- **EMO:** Acrónimo para el botón de emergencia de la maquina o Emergency Operations Mode.
- **Epoxy:** Polímero que sella los puntos de soldadura entre el dice y el sustrato
- **Finish:** término en ingles para el área de producto semi terminado
- **Move In:** termino en ingles para denotar la inicialización de una operación en el sistema de información
- **Move out:** termino en ingles para denotar la finalización de una operación en el sistema de información
- **NGCAM:** Acrónimo para "New Generation CAM Machine", la cual soporta productos con múltiples dice
- **Performance review:** evaluación anual del desempeño y logros del personal, con base en esta evaluación se asignan los aumentos de salario
- **PEVI:** Acrónimo para la operación Post Epoxy Visual Inspection

- **Pick and place:** Término en inglés que se refiere a seleccionar y poner, que separa las unidades defectuosas del lote
- **Station Controller:** término en inglés para la estación de control o SC
- **Sustrato:** Sección plástica verde del procesador, la cual se inserta en la tarjeta madre de la computadora.
- **Test:** término en inglés para el área de prueba de unidades
- **Tray:** Dispositivo contenedor de las unidades de un lote, hay de dos tipos: de 10 unidades de capacidad y 12 unidades.
- **UTP:** Acrónimo para el término en inglés : Up To Production, referente a puesta en marcha de máquina o un sistema
- **WS:** Acrónimo para la base de datos WorkStream
- **Zygo:** Máquina de metrología en el área de preparación del dice o die prep.
- **PMI:** Acrónimo para Post Mark Inspection, el cual es un proceso del área de acabados finales de la línea, el cual consiste en verificar la marca láser que se realiza en el sustrato con las especificaciones de producto y número de lote.
-

# **Bibliografía**

- Acuna, Jorge. (2003). Ingeniería de confiabilidad. Costa Rica: Editorial tecnológica de Costa Rica.
- Baca, Gabriel. (1996). Fundamentos de ingeniería Económica. México: MC Graw Hill/Interamericana de México S.A
- Baca, Gabriel. (2001). Evaluación de Proyectos. México: Mc Graw Hill/Interamericana de México S.A
- Blank, Leland T. y Tarquin, Anthony J. (1997). Ingeniería Económica. México: Mc Graw Hill/Interamericana de México S.A
- Cuatrecasas, Lluís. (1998). Gestión competitiva de stocks y procesos de producción. España: Talleres Graicos Vigor. S.A
- Konz, Stephan. (1990) Diseños de sistemas de trabajo. México. Limusa Editores.
- Levin, Richard. Estadística para administradores. Segunda Edición. Editorial Prentice Hall. México. 1998
- Manganeéis, R (1996). ¿Cómo hacer reingeniería? Colombia: Editorial Norma.
- Meyers, Fred E. (2000). Estudio de Tiempos y movimientos. México: Pearson Educación.
- Niebel, Benjamín. (1988). Ingeniería Industrial: Tiempos, métodos y movimientos. México: Ediciones Alfa omega S.A.
- Schoroeder, Roger G. (1992). Administración de Operaciones. México: Mc Graw Hill/Interamericana de México S.A

# **Apéndices**



# Anexos