

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
DEPARTAMENTO DE ELECTRONICA

**Sistema de Gestión de la Producción para
Empresas Manufactureras**

Memoria presentada por
Verónica Andrea Gacitúa Decar
como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Civil Electrónico Mención Control e Instrumentación

Profesor Guía
Daniel Rodríguez

Profesor Correferente
Juan Pablo Hernández

29 de Abril 2003

A mi familia y compañero Ivan, por su incondicional apoyo

*A los integrantes del Centro Integrado de Manufactura y
Automatización, por nuestro logro*

Resumen

Este trabajo de título es una guía para el diseño e implementación de Sistemas de Gestión de la Producción en industrias manufactureras.

Un sistema de Gestión de la Producción para una industria integra información de diferentes orígenes en una base de datos. Sobre la base de datos opera un conjunto de aplicaciones que procesan su contenido dándole valor agregado. Esto se realiza con el objeto de proporcionar información útil y eventualmente en tiempo real, que apoye la gestión en los distintos niveles de la organización que tienen a cargo la supervisión, coordinación y administración técnico-económica de los procesos de la fábrica. Los orígenes de información pueden provenir de: ingresos manuales, información de sistemas de supervisión y control, sistemas de análisis en línea de leyes, sistemas de mantenimiento, sistemas de monitoreo, entre otros.

Este trabajo comprende documentación acerca de los requisitos que debe cumplir un sistema de este tipo y la descripción del diseño de un sistema ya implementado. En la sección final de este documento se describe el impacto asociado a la implementación de un sistema de este tipo en una industria manufacturera.

Contenidos Generales

<i>Resumen</i>	3
<i>Contenidos Generales</i>	4
<i>Lista de Figuras</i>	5
<i>Lista de Tablas</i>	5
<i>Documento de Requisitos de Sistema de Gestión de Producción para Industrias Manufactureras</i>	6
<i>Documento de Diseño de Sistema de Gestión de la Producción para Industrias Manufactureras: “Sistema Ejemplo”</i>	54
<i>Interfases de Usuario: “Sistema Ejemplo”</i>	80
<i>Resultados Obtenidos</i>	91
<i>Trabajos Futuros</i>	92
<i>Referencias</i>	93

Lista de Figuras

<i>Figura 1: Componentes de Hardware del Sistema Ejemplo</i>	39
<i>Figura 2: Diagrama de arquitectura del sistema</i>	42
<i>Figura 3: Módulo de Monitoreo (MONITOR)</i>	43
<i>Figura 4: Módulo de Ingreso de Información por Usuarios (USER INPUT)</i>	44
<i>Figura 5: Diagrama de contexto del sistema</i>	58
<i>Figura 6: Diagrama de arquitectura del sistema</i>	59
<i>Figura 7: Ventana Principal</i>	80
<i>Figura 8: Ingreso de usuario</i>	81
<i>Figura 9: Ventana de Secciones</i>	82
<i>Figura 10: Gráfico Histórico</i>	83
<i>Figura 11: Cambio Escala Vertical</i>	84
<i>Figura 12: Cambio de Producto</i>	85
<i>Figura 13: Acceso a reportes de producción</i>	85
<i>Figura 14: Tabla Dinámica</i>	87
<i>Figura 15: Gráfico Dinámico</i>	87
<i>Figura 16: Reportes de Producción Históricas</i>	88
<i>Figura 17: consulta Productos Defectuosos</i>	89

Lista de Tablas

<i>Tabla 1: Documentación del proyecto</i>	13
<i>Tabla 2: Eventos externos</i>	18
<i>Tabla 3: Respuestas del sistema</i>	18
<i>Tabla 4: Excepciones</i>	20
<i>Tabla 5: Matriz de requisitos funcionales y de pruebas</i>	23
<i>Tabla 6: Hardware de Desarrollo</i>	35
<i>Tabla 7: Software de Desarrollo</i>	36
<i>Tabla 8: Hardware Objetivo</i>	37
<i>Tabla 9: Software Objetivo</i>	38
<i>Tabla 10: Matriz de requisitos funcionales y componentes</i>	46
<i>Tabla 11: Módulos de la arquitectura del sistema</i>	60
<i>Tabla 12: Matriz de requisitos funcionales y módulos</i>	63
<i>Tabla 13: Animation Link Ventana HISTORICO</i>	84

Universidad Técnica Federico Santa María
Departamento de Electrónica

Documento de Requisitos de Sistema de Gestión de la Producción para Industrias Manufactureras

Fecha [17 Abril 03]

Versión [1.0]

Autor Verónica Gacitúa

Auspiciadores Daniel Rodríguez
Juan Pablo Hernández
Patricio Jaque

Prefacio

Este es el Sistema de Gestión de la Producción para Industrias Manufactureras de un . Dicho sistema permite conocer variables de producción en tiempo real e información histórica. La información puede ser utilizada para la planificación de la producción en una industria manufacturera.

Alcance del documento El Sistema de Gestión de la Producción para Industrias Manufactureras es la base del desarrollo futuro de un . Describe los siguientes aspectos del sistema: propósito, contexto, requisitos funcionales, requisitos de pruebas, requisitos de calidad, requisitos de ambiente, arquitectura del sistema, requisitos del desarrollo, requisitos de post-desarrollo, y riesgos del proyecto.

Documentos relacionados Proyecto Sistema de Gestión de la Producción para Industrias Manufactureras [ver. 0.1, Mar 03]. Manuales de Usuario Sistema Ejemplo [ver. 1.0, Dic 02].

Autor Verónica Gacitúa

Lectores Este documento está dirigido principalmente a los desarrolladores y al auspiciador del proyecto, pero es de interés para todos los solicitantes del mismo.

Aprobación Este documento debe ser aprobado por el auspiciador del proyecto .

Historia del Documento

Versión	Fecha	Explicación del cambio	Autor
0.1a	Marzo 03	Primer borrador	Verónica Gacitúa
0.1b	Marzo 03	Segundo borrador	Verónica Gacitúa
1.0	Abril 03	Tercer Borrador	Verónica Gacitúa

Índice de Materias

Prefacio	7
Historia del Documento.....	7
Lista de Figuras	9
Lista de Tablas	9
1 Introducción.....	10
1.1 Propósito.....	11
1.2 Alcance	11
1.3 Contexto.....	11
1.4 Estándares	12
1.5 Referencias	12
1.6 Documentación.....	13
1.6.1 Documentos Existentes	13
1.6.2 Documentos a Desarrollar.....	13
1.6.3 Documentos a Modificar	13
2 Requisitos del Sistema.....	14
2.1 Requisitos Funcionales	14
2.2 Requisitos de Interfaces	16
2.3 Manejo de Excepciones	19
2.4 Requisitos de Prueba	22
2.5 Matriz de Requisitos Funcionales y de Pruebas.....	23
3 Requisitos de Calidad.....	24
3.1 Calidad de la Funcionalidad	24
3.2 Confiabilidad.....	26
3.3 Usabilidad	27
3.4 Eficiencia	29
3.5 Mantenibilidad.....	30
3.6 Portabilidad	33
3.7 Otros Requisitos de Calidad.....	33
4 Requisitos de Ambiente.....	34
4.1 Requisitos del Ambiente de Desarrollo.....	34
4.1.1 Hardware de Desarrollo.....	34
4.1.2 Software de Desarrollo.....	36
4.2 Requisitos del Ambiente Objetivo.....	37
4.2.1 Hardware Objetivo.....	37
4.2.2 Software Objetivo.....	38
4.3 Requisitos del Ambiente de Pruebas.....	40
4.3.1 Hardware de Pruebas.....	40
4.3.2 Software de Pruebas.....	40
4.4 Hardware y Software Entregado por el Cliente	41

5	Arquitectura del Sistema	42
5.1	Diagrama de Arquitectura.....	42
5.2	Descripción de Componentes	43
5.2.1	Módulo de Monitoreo (MONITOR)	43
5.2.2	Módulo de Ingreso de Información por Usuarios (USER INPUT).....	44
5.2.3	Otros Módulos Fuentes de Información.....	44
5.2.4	Módulo de Interfases (INTERFACE)	45
5.2.5	Módulo de Base de Datos (DATABASE)	45
5.3	Matriz de Requisitos Funcionales y Componentes.....	46
6	Requisitos de Desarrollo y Post-Desarrollo	47
6.1	Normas de Desarrollo.....	47
6.2	Requisitos de Comunicación	49
6.3	Requisitos de Medios de Entrega	49
6.4	Condiciones de Entrega	50
6.5	Requisitos de Entrenamiento y Transferencia Tecnológica.....	50
7	Gestión de Riesgos.....	51
7.1	Supuestos.....	51
7.2	Dependencias	51
7.3	Restricciones	52
7.4	Riesgos	52
	Definiciones.....	53

Lista de Figuras

Figura 1: Componentes de Hardware del Sistema Ejemplo.....	39
Figura 2: Diagrama de arquitectura del sistema.....	42
Figura 3: Módulo de Monitoreo (MONITOR)	43
Figura 4: Módulo de Ingreso de Información por Usuarios (USER INPUT)	44

Lista de Tablas

Tabla 1: Documentación del proyecto.....	13
Tabla 2: Eventos externos	18
Tabla 3: Respuestas del sistema.....	18
Tabla 4: Excepciones	20
Tabla 5: Matriz de requisitos funcionales y de pruebas.....	23
Tabla 6: Hardware de Desarrollo.....	35
Tabla 7: Software de Desarrollo.....	36
Tabla 8: Hardware Objetivo.....	37
Tabla 9: Software Objetivo.....	38
Tabla 10: Matriz de requisitos funcionales y componentes	46

1 Introducción

La globalización de la economía y la liberalización de los mercados generan un ambiente competitivo para la industria manufacturera chilena. Con el fin de que esta industria pueda competir tanto en precio como en calidad en los mercados nacional e internacional, surge la necesidad de incorporar soluciones tecnológicas modernas a las empresas del sector.

El objetivo del Fondef D99I1091 es generar el conocimiento y la tecnología que permita implementar Tecnologías Avanzadas de Manufactura (AMT) a los sectores de la industria manufacturera nacional en los cuales la incorporación de esta tecnología se transforme en potencial factor de éxito como una forma de mejorar la competitividad a escala internacional, optimizando económicamente su inserción.

Una forma de mejorar la competitividad de las empresas manufactureras es optimizar sus procesos de producción. Uno de los requisitos para esta optimización es “saber qué mejorar”. En las últimas décadas se han utilizado herramientas tal como los sistemas de Gestión de Producción. Estos sistemas integran información de distintos orígenes, los que pueden ser ingresos manuales (tales como datos ingresados por los operadores de los procesos, datos de laboratorio, etc.), e información proveniente de distintos sistemas, tales como sistemas de supervisión y control, sistemas de análisis en línea de leyes, sistemas de mantenimiento, sistemas de monitoreo y otros sistemas de control de gestión que normalmente existen en una industria.

Los sistemas de gestión operacional concentran la información mencionada en una base de datos, sobre la cual opera un conjunto de aplicaciones que procesan la información y le dan valor agregado, proporcionando información útil y eventualmente en tiempo real, para la gestión en los distintos niveles de la organización que tienen a cargo la supervisión, la coordinación y gestión técnico-económica de los procesos en la fábrica.

Este documento se presenta como una guía para la implementación de un sistema de Gestión de Producción para la industria manufacturera. En las sucesivas secciones se plantearán recomendaciones generales, y las explicaciones sobre los distintos tópicos se apoyarán en ejemplos de un sistema ya implementado. Este es un sistema de gestión de la producción que integra el monitoreo de variables de producción en línea y el ingreso de información por parte de los usuarios del sistema. La información que ingresa al sistema es visualizada en línea a través de un HMI y a su vez es almacenada en una base de datos que será la fuente de datos que permite generar reportes de producción y documentos históricos.

1.1 Propósito

Un sistema de Gestión de Producción es un sistema que concentra información desde distintos orígenes. La información recolectada es procesada (agregándole valor) con el fin de proporcionar información útil y eventualmente en tiempo real para la gestión en los distintos niveles de la organización de una empresa, que tienen a cargo la supervisión, coordinación y gestión técnico-económica de los procesos de la planta.

El sistema que se utilizará como modelo para los ejemplos en este documento es un sistema de Gestión de Producción, que integra hardware y software para obtener información en tiempo real acerca del estado de la producción en una industria de manufactura. La información recolectada proviene del monitoreo de la maquinaria en la planta y la entrada de datos por los usuarios. Dicha información será posteriormente mostrarla a través de una interfase gráfica en línea y será procesada para generar reportes de producción y archivos históricos.

1.2 Alcance

Un sistema de Gestión de Producción es un sistema que integra información de distintas fuentes. Puede provenir del monitoreo de variables de producción en máquinas, del ingreso de información manual por los usuarios, de sistemas de supervisión y control, de sistemas de análisis en línea de leyes, de sistemas de mantenimiento, entre otros.

A partir de la manipulación de la información ingresada al sistema, y que es almacenada en una base de datos local o distribuida, se obtienen indicadores que son presentados en reportes periódicos. Estos reportes pueden ser en línea o fuera de ella, y son un apoyo en la programación de la producción y la planificación de la empresa.

El sistema es sólo un referente para la planificación y no es una herramienta que necesariamente determinará alguna medida a futuro en la empresa.

El sistema debe proteger la información de accesos no autorizados, y para ello utiliza un esquema de perfiles. El sistema también debe prevenir posibles pérdidas de datos, mediante mecanismos de respaldo y recuperación.

1.3 Contexto

El desarrollo de sistemas de Gestión de Producción requiere del conocimiento de tecnologías de instrumentación y control (para la implementación del hardware) y sistemas de información (para el desarrollo de software). Además, se requiere de conocimientos y experiencia en la integración de hardware y software. Otro requisito, es que el equipo de desarrollo del sistema de Gestión de Producción debe poseer una visión sistémica de los procesos productivos en una empresa de manufactura.

El desarrollo del sistema que se utilizará como ejemplo en varias de las secciones posteriores, es un sistema desarrollado por un equipo de trabajo perteneciente al Centro Integrado de Manufactura y Automatización de la UTFSM, en el contexto del proyecto Fondef D99I1091: "Introducción de Tecnologías Avanzadas de Manufactura

(AMT) en la Industria Metalmeccánica Nacional”. Dicha entidad posee experiencia en tecnologías de manufactura y en implementación de sistemas de monitoreo. Actualmente el CIMA se encuentra en la tercera etapa de ampliación del sistema que será descrito.

1.4 Estándares

Los estándares utilizados en el desarrollo de sistemas de Gestión de Producción están dentro de un amplio rango. Pueden ser estándares internacionales referentes a: comunicación de datos, calidad en los procesos productivos, seguridad, entre otros. Además, el sistema puede incluir estándares locales que deben ser cumplidos a nivel nacional o de la empresa. Estos estándares pueden referirse a: restricciones medio ambientales, normas de operación en la empresa, dimensionamiento, etc.

En el caso particular del Sistema Ejemplo, los estándares utilizados fueron los siguientes:

Normas eléctricas relativas a instalaciones industriales, protocolos de transporte: RS-232, RS-485, protocolos de comunicación: Modbus, DDE.

1.5 Referencias

[Krist01] Kristianpoller R., Werner D., “*Modelo general de evaluación económica de implementar manufactura de tecnología avanzada (AMT) en PYMES nacionales*”, 2001.

[FondA99] Proyecto Fondef Reformulado D99I1091, “*Introducción de Tecnologías Avanzadas de Manufactura (AMT) en la Industria Metalmeccánica Nacional*”, 1999.

[McFa99] Mc Fadden, Hoffer, Prescott. “*Modern Database Management*”. 5ta Edición, Addison Wesley, 1999.

[Pres97] Roger S. Pressman, “*Ingeniería del Software: Un enfoque práctico*”. 4ª Edición. Mc.Graw-Hill, 1997

1.6 Documentación

La documentación del sistema incluye documentación existente, documentación a desarrollar, y documentación a modificar.

1.6.1 Documentos Existentes

Manuales de Usuario, Documento de Diseño y Plan de Trabajo para el Sistema
Ejemplo.

1.6.2 Documentos a Desarrollar

Durante el desarrollo e implementación de un sistema de Gestión de Producción se debe desarrollar o actualizar la siguiente documentación (vea la Tabla 1).

Tabla 1: Documentación del proyecto

Código	Documento	Contenido
DIP	Documento de Iniciación de Proyecto	Descripción general del proyecto para su evaluación
REQ	Documento de Requisitos	Este documento
PP	Plan del Proyecto	Lista detallada de las actividades, sus dependencias y sus fechas.
DIS	Documento de Diseño	Detalles de la arquitectura y diseño detallado
PIP	Plan de Integración y Pruebas	Descripción de cómo se integrarán y probarán las partes del proyecto
IPF	Informe de Pruebas Finales	Resultados de las pruebas finales
COD	Código del sistema	Archivos .c, .h, <i>make</i> , etc.

1.6.3 Documentos a Modificar

Ninguno.

2 Requisitos del Sistema

Esta sección describe los requisitos funcionales del sistema, sus interfaces externa, las condiciones de excepción y las clases de pruebas que se harán para verificar que los requisitos se cumplen.

2.1 Requisitos Funcionales

Los requisitos funcionales definen el comportamiento del sistema. Es decir, describen lo que debe hacer el sistema.

- RF1 *Monitoreo*: El sistema debe monitorear variables de producción (tasa de producción, cantidad de producto, etc.) en las máquinas de la empresa, a partir de dispositivos instalados en ellas. Generalmente estos dispositivos son sensores. Si el sistema no incluye todas las máquinas de la fábrica (lo más común), las máquinas que tendrán prioridad en ser monitoreadas son los cuellos de botella en uno, alguno o todos los procesos de producción.
- RF2 *Ingreso de Datos Manual*: Los usuarios eventualmente deben poder ingresar información en forma manual al sistema. Normalmente son utilizadas para estos propósitos: botoneras, teclados, pantallas sensibles al tacto (Touch Screen), HMIs (Interfaces Hombre Máquina), entre otros.
- RF3 *Poblado de Base de Datos*: El sistema debe poseer un repositorio de datos y proveer un mecanismo, en lo posible automático, para el poblado de la base de datos que contiene la información de las variables de producción de interés. Este mecanismo debe considerar los distintos orígenes que conforman las entradas de información al sistema de gestión.
- RF4 *Generación de Reportes de Producción*: El sistema debe proveer de una interfase amigable donde se despliega la información de interés respecto de la producción.
- RF5 *Visualización de Información Histórica*: Eventualmente será necesario visualizar información histórica recolectada en una base de datos. El sistema debe proveer de una interfase amigable para el despliegue de la información requerida por el cliente.
- RF6 *Visualización de Información en Línea*: Eventualmente el sistema puede requerir de visualización en línea de variables de producción de interés. La visualización puede hacerse mediante pantallas programadas, displays o HMIs, por ejemplo.
- RF7 *Reinicio automático*: En caso de interrumpirse el suministro eléctrico el sistema debe ser capaz de reiniciarse automáticamente sin necesidad de que los usuarios realicen alguna acción.

RF8 *Comunicación Máquinas/SI*: Por un lado el monitoreo del sistema se realiza en las máquinas, y la información la maneja un o una red de PLCs. Por otro lado, el procesamiento de la información y posteriormente su despliegue a los usuarios se realiza normalmente en computadores o dispositivos tales como Touch Screen, botoneras con pantalla, etc. Este requisito se refiere a la existencia de la comunicación entre PLCs y dispositivos del SI.

2.2 Requisitos de Interfaces

El sistema debe poseer interfaces adecuadas al tipo de usuarios y al ambiente en donde están insertas.

En el caso de interfaces que deban estar en la planta de la industria, estas deben considerar los factores ambientales que pudiesen dañarla físicamente, como por ejemplo: polvo o temperatura. Además, éstas deben priorizar la simplicidad en el uso, ya que los usuarios normalmente serán los operarios de las máquinas, y ellos debieran utilizar el mínimo tiempo posible en ingresar y/o visualizar datos del sistema, pues esto interfiere en su productividad.

Las interfaces para los usuarios que son administrativos debieran ser, en lo posible, amigables y atractivas. Ellas deben proporcionar mecanismos que protejan al sistema de accesos no autorizados. Esto puede realizarse en base al establecimiento de perfiles de usuario.

Para el Sistema Ejemplo las interfaces y requisitos que deben cumplir son los siguientes:

- Pantalla Sensible al Tacto para ingreso de datos por operarios en Sección A y B de la Fábrica.
 - Requisitos que debe cumplir: Interfase simple y rápida de utilizar. Si se ingresan códigos estos deben ser conocidos. El tiempo de ingreso de datos no debe superar los 2 minutos.
- Conjunto de Teclas con pantalla Alfa numérica para ingreso de datos por operarios en Sección C de la Fábrica.
 - Requisitos que debe cumplir: Interfase simple y rápida de utilizar. Si se ingresan códigos estos deben ser conocidos. No se debe tener que presionar más de tres teclas para comenzar a ingresar un código. El tiempo de ingreso de datos no debe superar los 2 minutos.
- Computador, que incluye teclado y monitor para la visualización e ingreso de datos para los usuarios administrativos.
 - Requisitos que debe cumplir: Debe ser intuitiva y mayormente utilizar gráficos. Si se ingresan códigos estos deben ser conocidos. Deben visualizarse todas las máquinas monitoreadas. Debe poder utilizarse tanto teclado como mouse para realizar funciones críticas. Ej.: Acceso a gráficos históricos de máquina al hacer clic con el mouse y al presionar el número de la máquina correspondiente en el teclado. Se debe poder acceder a los reportes. Debe poderse cambiar el tipo de producto que se está fabricando en la máquina. Se debe incorporar seguridad por tipo de usuario.

Es de gran utilidad para el diseño y documentación de las interfaces confeccionar una lista de los eventos externos a los que el sistema responde. A continuación, se ejemplificará lo dicho con una de las interfaces desarrolladas en el sistema de gestión que se utilizará como ejemplo en todo el documento. En adelante se llamará a este sistema de gestión “Sistema Ejemplo”.

En el Sistema Ejemplo existe una interfase muy básica para los operarios de las máquinas de una planta. Esta interfase está implementada en un monitor sensible al tacto (Touch Screen) y consta de diferentes pantallas. La pantalla principal permite a los operarios elegir entre tres pantallas secundarias, que permiten: el ingreso de un turno, el cambio de producto fabricado durante un turno y el fin de un turno. Las variables ingresadas al sistema por las pantallas secundarias son: el código de operario, el código de máquina, el código de producto y el número de productos defectuosos. Después de que se ingresan los datos solicitados en alguna de las pantallas secundarias, se muestra otra pantalla que permite verificar los datos ingresados, mediante un resumen de la información en formato de texto (excepto el número de productos defectuosos). El operario podrá aceptar la información ingresada previamente o volver a una de las pantallas secundarias para modificar los datos.

La Tabla 2 muestra la lista de algunos eventos externos a los que el Sistema Ejemplo responde, considerando sólo la influencia de la interfase para los operarios. La primera columna es el nombre del evento; la segunda es la descripción del mismo. El “iniciador” es la componente externa al sistema que inicia el evento. Los parámetros son los datos asociados al evento. La respuesta es el nombre de una respuesta, cuya descripción está en la Tabla 3.

La Tabla 3 muestra algunas de las respuestas del Sistema Ejemplo frente a eventos externos.

Tabla 2: Eventos externos

Evento	Descripción	Iniciador	Parámetros	Respuesta
Ingreso Turno	Botón en la Touch Screen que permite acceder a la pantalla de Ingreso de un Turno	Usuario	Estado de la Pantalla Secundaria de Ingreso de Turno (Activa o Inactiva)	R1
Cambio Producto	Botón en la Touch Screen que permite acceder a la pantalla de Cambio de Producto	Usuario	Estado de la Pantalla Secundaria de Cambio de Producto (Activa o Inactiva)	R2
Fin Turno	Botón en la Touch Screen que permite acceder a la pantalla de Fin de Turno	Usuario	Estado de la Pantalla Secundaria de Ingreso de Turno (Activa o Inactiva)	R3
Código de Operario	Ingreso por teclado numérico en la Touch Screen del código de un operario	Usuario	Código del Operario (número de tres dígitos)	R4

Tabla 3: Respuestas del sistema

Respuesta	Descripción	Parámetros
R1	Cambia la pantalla principal por la pantalla secundaria Ingreso de Turno	Número de la pantalla Ingreso de Turno (código de identificación interno en la Touch Screen)
R2	Cambia la pantalla principal por la pantalla secundaria Cambio de Producto	Número de la pantalla Cambio de Producto (código de identificación interno en la Touch Screen)
R3	Cambia la pantalla principal por la pantalla secundaria Cambio de Producto	Número de la pantalla Fin de Turno (código de identificación interno en la Touch Screen)
R4	Copia de código de operario en zona de memoria de Touch Screen y verificación de este en base de datos para confirmar su validez	Código numérico de Operario (tres dígitos)

2.3 Manejo de Excepciones

El sistema debe poseer una metodología para tratar los errores de software, las excepciones externas u otras condiciones inusuales. Estas pueden ser: desperfectos de hardware, término de espacio para el almacenamiento de información en la base de datos, intentos de ingreso no autorizado al sistema, cortes de energía eléctrica, invalidez del monitoreo al alterar las lecturas de sensores, olvido de ingreso de datos necesarios, etc.

En particular, para el Sistema Ejemplo se producían errores de lectura en el monitoreo (cuenta de los productos fabricados) en el caso de algunas máquinas y productos de medidas pequeñas. Este error se producía por la superposición (uno sobre otro) de dos o tres productos frente al sensor de monitoreo. Esta excepción dio origen a un cambio en el lugar donde se instaló el sensor definitivamente.

Otro caso del Sistema Ejemplo, y que también involucra la validez de los datos recolectados por el monitoreo, sucede cuando un sensor de monitoreo contabiliza como 2 o más productos, la pasada de un solo producto. Esto sucede cuando la forma de los productos y el rango de tamaños varían bastante respecto del rango de detección del sensor. Esta excepción fue resuelta mediante software. Como el tiempo entre el paso de un producto y otro es conocido, y además existe un mínimo (de tiempo) establecido, el software en el PLC sólo contabiliza un producto si se cumplen las siguientes condiciones: la máquina está encendida, el sensor marca una pasada de producto y ya ha transcurrido un tiempo mínimo que deshabilita la posibilidad de sensar al mismo producto.

Note que se considera válida una cuenta sólo cuando el sensor marca el paso de un producto, y además, la máquina está encendida. Esta última condición permite minimizar el riesgo de que operarios pasen algún objeto frente a los sensores de monitoreo sin que la máquina esté realmente produciendo. Esta condición para validar las lecturas de los sensores, se implementó para todas las máquinas del Sistema Ejemplo.

Es de utilidad para el diseño, documentación y verificación del buen funcionamiento del sistema mantener una tabla de excepciones que identifique y describa condiciones anormales de funcionamiento.

La siguiente tabla muestra algunas de las condiciones de excepción en el Sistema Ejemplo, en relación con eventos externos e internos.

Tabla 4: Excepciones

Excepción	Descripción	Eventos o situaciones en que ocurre
Error en Código de Operario	El código que ingresa un operario no es su código.	El código ingresado es el código de otro operario El código ingresado no existe en la lista de códigos
Corte de Energía eléctrica	Se corta el suministro de energía eléctrica de la fábrica o parte de ella.	Horarios Intermitentes de suministro de energía establecidos para distintas temporadas del año (Cortes de energía programados). Suspensión del suministro de energía con previo aviso de la compañía eléctrica. Suspensión del suministro de energía sin previo aviso de la compañía eléctrica.
Monitoreo Incorrecto	Alteraciones de Lectura en sensores que monitorean Máquinas	Los operarios pueden efectuar alteraciones en la lectura de los sensores que monitorean las máquinas haciendo pasar productos frente al sensor una y otra vez sin que el producto llegue a la salida de la máquina. Los sensores que monitorean las máquinas pueden dañarse. Puede contabilizarse un solo producto, cuando en realidad han pasado dos o más frente al sensor (cercanía o superposición de dos o más productos).
Corrupción en el Software	Pueden ocurrir errores o pérdidas del software del sistema	Infección del computador (componente del sistema que mantiene el HMI, la Base de Datos y Reportes). Pérdida o sobre escritura de memoria en PLCs (Componentes del sistema que procesan las señales provenientes de los sensores en la máquinas y de las Touch Screens que usan los operarios para ingresar datos). Pérdida o sobre escritura de memoria en Touch Screens (Componente que soporta la interfase con los operarios de la planta).

El manejo de las excepciones descrito en la Tabla 4 se anuncia a continuación:

Error en Código de Operario: El encargado del sistema en la empresa puede modificar el código y nombre de los operarios de un turno en los reportes de producción e históricos. Quedando la información oficial rectificadas.

Corte de Energía eléctrico: Existe un mecanismo de reinicio ante los cortes de energía. El sistema se inicia automáticamente después de un corte. Los usuarios no deben realizar ninguna acción diferente a las normalmente realizadas.

Monitoreo Incorrecto: Existen diferentes mecanismos que minimizan la posibilidad de monitorear incorrectamente. Entre ellos está la condición de máquina encendida para habilitar la cuenta de productos, condición de temporización (tiempo mínimo) para sensar un nuevo producto que pasa.

Corrupción en el Software: Mantenimiento de respaldos de los módulos de software y copias periódicas de la base de datos del sistema. Uso de antivirus en el computador donde residen los módulos de software. Utilización de Internet sólo por cuestiones operativas.

2.4 Requisitos de Prueba

Los requisitos de prueba son clases de pruebas que se harán sobre el sistema para determinar que se cumplen los requisitos funcionales. Un requisito de prueba dará lugar a muchos casos de prueba.

A continuación se describirán algunos requisitos de prueba para el Sistema Ejemplo. Estos requisitos se nombrarán como RP1, RP2, y así sucesivamente.

- RP1 Verificación del funcionamiento del monitoreo. Esto incluye: verificación del estado de los sensores (bueno o malo), coherencia de la información que se recolecta por los sensores (validez de la medición); verificación del cableado de alimentación de sensores (bueno o malo), estado PLCs (bueno o malo). la verificación del correcto funcionamiento del sistema de encendido automático del sistema en caso de cortes de suministro eléctrico; entre otros.
- RP2 Comprobación del adecuado uso y funcionamiento de las interfaces. Esto es: los operarios ingresan correctamente sus datos, se despliega la información correcta en las pantallas, etc. En caso contrario deberán modificarse las interfases.
- RP3 Verificación del correcto poblado de la base de datos del sistema. Ella debe contener la información relevante (en lo posible no deben existir redundancias) y los datos deben ser consistentes.
- RP4 Verificación de la correcta generación de reportes de producción. Estos deben contener todos los datos especificados en los requerimientos del cliente y deben obtenerse siempre que se soliciten.
- RP5 Verificación de la visualización adecuada de la información histórica. Los reportes de producción histórica deben obtenerse siempre que se solicite y deben contener todos los datos especificados en los requerimientos del cliente.
- RP6 Verificación de la visualización adecuada de la información en línea. Se debe tener en cuenta el tiempo de actualización de los datos y la coherencia con los datos monitoreados. Los datos de monitoreo en línea deben estar siempre disponibles.
- RP7 Verificación del mecanismo de reinicio automático del sistema en caso de interrupción en el suministro eléctrico.
- RP8 Verificación de la comunicación entre PLCs y dispositivos del SI (computador, pantallas de ingreso de usuarios).

2.5 Matriz de Requisitos Funcionales y de Pruebas

Una herramienta que apoya el diseño del sistema es la matriz de requisitos funcionales y de pruebas. Dicha matriz muestra qué clases de prueba verificarán qué requisitos funcionales. Una línea vacía en la matriz indica un requisito funcional no probado. En ese caso es probable que falte un requisito de prueba; en caso contrario sobraría el requisito funcional. Una columna vacía indica una prueba que no es útil para estos requisitos funcionales. En ese caso es probable que falte un requisito funcional “obvio”, que debe hacerse explícito; en caso contrario sobraría el requisito de prueba.

La siguiente tabla muestra la matriz de algunos requisitos funcionales y pruebas para el Sistema Ejemplo. Se debe tomar en cuenta que no se han colocado todos los requisitos de pruebas, pues sólo se trata de mostrar como llenar la matriz.

Tabla 5: Matriz de requisitos funcionales y de pruebas

	RP1	RP2	RP3	RP4	RP5	RP6	RP7	RP8
RF1	X							
RF2		X						
RF3			X					
RF4				X				
RF5					X			
RF6						X		
RF7							X	
RF8								X

3 Requisitos de Calidad

Todo sistema debe cumplir ciertos requisitos de calidad. Los requisitos de calidad se pueden especificar de manera cualitativa, cuantitativa o ambos. Existen estándares de calidad que un producto o proceso deben cumplir, y el uso de estos estándares será obligatorio o no según lo exija el caso. En consecuencia, los requisitos de calidad que debe cumplir un sistema dependerán de cada situación particular, y por lo tanto deberán ser definidos al momento de diseñar el sistema.

Una manera de especificar requisitos de calidad en forma cuantitativa, es mediante el método de Gilb. Este método requiere indicar (además del nombre del requisito de calidad): una dimensión de medida (Escala); un método con el cual se hará la medición (Prueba); un valor mínimo aceptable para el requisito (Peor); el valor deseado para el requisito (Plan); y qué o quién o cómo se validó este requisito (Autoridad).

Se debe advertir que los valores de los requisitos de calidad establecidos en el documento de requisitos del sistema son las mejores estimaciones disponibles hasta el momento en que este se completa. No comprometen a ninguna de las partes involucradas, excepto que se diga explícitamente lo contrario. Sólo existen para ayudar a encontrar soluciones factibles.

3.1 Calidad de la Funcionalidad

La calidad de la funcionalidad se refiere a la existencia de ciertas funciones y sus propiedades. Incluye características como la pertinencia de los requisitos funcionales, la precisión de los cálculos, la interoperabilidad con otros sistemas o equipos, la adherencia a estándares, y la seguridad.

Requisito previo a la evaluación de la calidad de la funcionalidad es haber definido los requisitos funcionales. Para ello, en primera instancia deben rescatarse los requerimientos del cliente/usuario en una reunión (antes de completar el documento de requisitos y diseño). Existen diversas metodologías para definir completamente los requisitos. Una manera, es en base a la creación de prototipos, los cuales son construidos en un mínimo tiempo para poder ser presentados al cliente/usuario con el fin de recibir una evaluación de su parte, y posteriormente realizar las modificaciones necesarias hasta iterar al diseño final del sistema. Definir completamente los requisitos del sistema no es rápido, puede tomar meses. Sin embargo, una vez plasmados en el documento de requisitos, y estando el cliente y el jefe de los desarrolladores de acuerdo, es posible utilizar esta documentación como base para el diseño final del sistema. La etapa de diseño es iterativa hasta llegar a cumplir todos los requisitos establecidos.

A continuación se hará mención a dos requisitos de calidad de la funcionalidad para el Sistema Ejemplo. Uno de ellos será especificado mediante el método de Gilb, mencionado arriba.

Un requisito funcional del Sistema Ejemplo es el poblado de la base de datos. El requisito de calidad de la funcionalidad asociado es el correcto poblado de la base de datos. Este último requisito debe tomar en cuenta la interoperabilidad con otros

sistemas, como es el monitoreo y el ingreso manual de información por los usuarios. No es posible, por ejemplo, que si algún operario de las máquinas ingresa un dato, este no quede registrado en la base de datos del sistema. Así mismo, si los sensores en las máquinas contabilizan la fabricación de productos, esto debe verse fielmente reflejado en los registros de la base de datos.

Otro requisito de calidad de la funcionalidad para el Sistema Ejemplo, tiene que ver con la pertinencia del requisito funcional “reinicio automático”. Para que un sistema de Gestión de Producción funcione adecuadamente debe tenerse en cuenta que existen situaciones que pueden degradar el funcionamiento del sistema, tal como ocurre en una interrupción del suministro eléctrico. Ante tal situación el sistema debe contar con algún mecanismo que maneje tales anomalías, que en el caso del Sistema Ejemplo consiste en el encendido automático del computador que mantiene el HMI y la base de datos, a través de una señal que envía uno de los PLCs a un interruptor de encendido en dicho computador. No hay problemas en que el sistema no esté recolectando datos durante la interrupción de energía eléctrica, pues tampoco habrá actividad en la fábrica durante este período. A continuación se especificará el requisito recién explicado mediante el método de Gilb.

Reinicio Automático del Sistema:

Este requisito establece la calidad del mecanismo de reinicio automático del sistema ante interrupciones del suministro eléctrico. El objetivo es cuantificar el nivel de respuesta del sistema ante cortes de energía. Un correcto reinicio del sistema significa que los usuarios no deben realizar ninguna acción adicional a las que realizan cuando el sistema opera normalmente.

Escala [N° de veces que el sistema se reinicia correctamente / N° de cortes de energía]

Prueba [Se anotará en una bitácora la fecha del corte de energía y se indicará con un 1 si el sistema se inició correctamente y con un 0 si no lo hizo. Luego de 60 cortes del suministro eléctrico se contabilizará el número de unos anotados en la bitácora, se establecerá un valor según la escala.]

Peor [1/5]

Plan [59/60]

Autoridad [Cliente e Ingeniero Jefe del Desarrollo]

3.2 Confiabilidad

La confiabilidad es la capacidad de mantener un nivel adecuado de rendimiento bajo ciertas condiciones y por cierto tiempo. Incluye la frecuencia de fallas durante la operación, la tolerancia a fallas, y la capacidad y costo de recuperación ante fallas.

Un sistema de gestión de la producción debe poseer un cierto nivel de confiabilidad previamente establecido para cada requisito en este contexto. Posteriormente deben ser verificados mediante pruebas. Para cuantificar los requisitos debe presentarse una propuesta al cliente en base a los requerimientos obtenidos en la reunión inicial. Si el cliente no está de acuerdo, debe presentarse una nueva propuesta y realizar el mismo procedimiento hasta llegar a valores específicos en cada uno de los requisitos establecidos.

Un requisito importante que debe siempre considerarse, tiene que ver con la recolección de la información. El nivel de confianza en los datos recolectados y/o en las medidas calculadas debe ser alto (Entre 95% y 99% normalmente). Para realizar las pruebas se establece un período en donde los datos del monitoreo son contrastados con datos obtenidos por alguna otra fuente 'confiable' (puede ser una persona u otro sistema). A continuación se especificará mediante el método de Gilb el requisito que considera los errores en los datos ingresados por el monitoreo.

Datos del Sistema provenientes del Monitoreo

Este requisito establece una proporción entre los errores en la recolección de datos, y el total de datos recolectados por el monitoreo en un período dado. Un valor recolectado diferente al real (el que debiera ser) indica la presencia de un error.

Escala [N° de datos con error / N° de datos totales]

Prueba [Se almacenará durante el período de pruebas los datos del monitoreo, versus los mismos datos recolectados por los operarios (cantidad de producto, número de defectuosos, tiempos de detención.). Se contabilizarán el número de errores y se indicará la proporción entre el número de errores y el número total de datos recolectados.]

Peor [10/100]

Plan [1/300]

Autoridad [Ingeniero Jefe del Desarrollo]

3.3 Usabilidad

La usabilidad corresponde a los requisitos relacionados con el esfuerzo de uso y la evaluación sobre el uso del sistema que se desarrollará, hecha por los usuarios. Incluye facilidad de aprendizaje, facilidad de comprensión del sistema, facilidad de operarlo, y agrado de operarlo.

A continuación se explicará como se abordó el cumplimiento de algunos requisitos de usabilidad en la implementación del Sistema Ejemplo. Los requisitos se refieren al nivel de satisfacción del usuario respecto de la facilidad de uso del HMI y la efectividad de la interfase para el uso de las Pantallas de Operarios.

En el caso del HMI implementado se prefirió dibujos y esquemas ante texto. Se utilizaron dibujos esquemáticos para representar las máquinas monitoreadas. Al costado de cada dibujo se puede observar el nombre del operario que trabaja en ella, el nombre del producto que se está fabricando, y las tasas actual y nominal de producción. Además, al hacer un clic sobre el dibujo de la máquina es posible acceder a un gráfico que muestra la producción del día. Finalmente, un pequeño recuadro rojo o verde dentro del esquema de la máquina indica el estado de la misma, siendo estos: apagada o encendida respectivamente. A continuación se especifica el requisito.

Gráfico en HMI:

Este requisito indica el porcentaje de gráficos utilizados en el HMI, versus texto. El objetivo es maximizar la facilidad en el uso del sistema, proporcionando un ambiente tipo Windows.

Escala [Cantidad de datos presentados vía figuras / Cantidad de datos presentados vía texto]

Prueba [Se especificará los datos presentados en el HMI. Luego se contabilizará los presentados vía gráfico, esquemas o figuras, versus los presentados vía texto. Luego se hará la proporción]

Peor [3/10]

Plan [20/10]

Autoridad [Ingeniero Jefe de Desarrollo]

Para las interfases de operarios, se optó por una interfase sumamente simple y rápida de utilizar. Los operarios sólo deben ingresar códigos numéricos que ya conocen. El diseño de la interfase debió considerar los tiempos que demora cada usuario en ingresar sus datos, pues si el tiempo fuese más de 2 minutos, esto provocaría congestión al inicio de los turnos, donde un gran número de operarios comienza a trabajar al mismo tiempo. Lo siguiente es la especificación del requisito recién mencionado.

Pantallas de Operarios:

Este requisito indica el nivel de efectividad en el uso de las interfaces del sistema para los operarios de la fábrica. El objetivo es garantizar el ingreso (correcto) de datos al sistema por parte de los operarios.

Escala [N° de operarios que ingresan correctamente sus datos / N° total de operarios que ingresan sus datos]

Prueba [Se hará ingresar datos a un prototipo de pantalla al 50% de los operarios en cada sección y se anotará en el valor según la escala aquí indicada]

Peor [1/10]

Plan [9/10]

Autoridad [Cliente e Ingeniero Jefe del Desarrollo]

Otro requisito que el sistema Ejemplo debió cumplir es el uso obligatorio de español para las interfases. A continuación se especifica este requisito.

Uso obligatorio de español en las Interfases:

Este requisito indica la proporción de instrucciones en otro idioma diferente al español, en las interfases de usuario. El objetivo es que todas las interfases estén en español, de esta forma las interfases tienden a ser auto explicativas.

Escala [N° de instrucciones o textos que no están en español / N° de instrucciones o textos en la interfase]

Prueba [Se contabilizará las instrucciones totales de la interfase y las que no estén en español. Luego se indicará la proporción establecida en la escala.]

Peor [1/5]

Plan [1/80]

Autoridad [Ingeniero Jefe del Desarrollo]

Una manera de asegurar el cumplimiento de los requisitos de calidad es generar lo más pronto posible una maqueta del sistema, la cual será probada con los usuarios finales. Esta maqueta no incluirá todos los detalles y funcionalidades del sistema final, solo será una muestra lo más representativa posible del diseño final. De esta forma los desarrolladores recibirán realimentación de los usuarios respecto de la usabilidad, pudiendo iterar rápidamente hacia el diseño definitivo.

3.4 Eficiencia

La eficiencia es la relación entre el nivel de rendimiento y la cantidad de recursos usados, bajo ciertas condiciones. Incluye, desde el punto de vista del equipamiento: tiempos de respuesta, tiempos de procesamiento, tasa de servicio (*throughput*), uso de distintos recursos (memoria, energía, etc.), y desde el punto de vista financiero: medidas tales como Payback, VAN, TIR. Los niveles de cumplimiento de estos últimos requisitos deberán ser acordados entre el cliente y el representante de los desarrolladores. Esto permite tener una idea de los recursos con los cuales se contará para la implementación del sistema.

Se debe notar que el cumplimiento de algunos requisitos de eficiencia puede ocasionar una disminución en la robustez del sistema. Por ejemplo, en el caso del monitoreo de las máquinas, la incorporación de sensores redundantes robustece al sistema, pero lo vuelve menos eficiente en cuanto a la utilización de recursos para cumplir una misma función: el monitoreo.

El nivel de cumplimiento de cada requisito de eficiencia exigido al sistema, será un compromiso adoptado entre el cliente y el Ingeniero Jefe de desarrollo, y se deberá establecer previamente a las etapas de diseño e implementación.

Un requisito de eficiencia financiera para el Sistema Ejemplo (y para los sistemas de este tipo en general), es el Payback. A continuación se especifica este requisito.

Payback

Este requisito corresponde al período de amortización considerando una cierta valorización del dinero en el tiempo. Esto corresponde al tiempo que transcurre para recuperar la inversión efectuada al implementar el sistema.

Escala [número de meses para amortizar la inversión del sistema]

Prueba [Para un cierto período, que como mínimo será de dos meses, se llevará un registro de las ganancias mensuales, y su diferencia con las ganancias mensuales promedio establecidas para una misma época del año. Luego se indicará después de cuantos meses se ha recuperado la inversión hecha para implementar el sistema a partir de las diferencias registradas.]

Peor [24 meses]

Plan [6 meses]

Autoridad [Cliente e Ingeniero Jefe de Desarrollo]

3.5 Mantenibilidad

La mantenibilidad se refiere al esfuerzo necesario para hacer ciertas modificaciones. Incluye la facilidad de diagnosticar fallas, la facilidad de identificar las partes a modificar, el esfuerzo de modificar, el riesgo de introducir fallas al modificar, y el costo de demostrar la corrección del sistema modificado.

Este requisito de calidad es de gran importancia en el desarrollo y mantención del software asociado al sistema, pues para el hardware, el trabajo que se requiere efectuar es en general más evidente y simple.

A continuación se hará referencia a algunos requisitos de mantenibilidad considerados para el Sistema Ejemplo.

Un requisito es que el sistema debe poseer facilidad en la incorporación de nuevos elementos al él. Así por ejemplo, en caso de que la fábrica incorpore un nuevo producto a su línea de productos, este debe poder ingresarse a la base de datos del sistema sin tener que modificar la arquitectura del sistema. Igualmente ocurre en caso de incorporarse nuevo personal a la empresa o al adquirir nuevas máquinas para la producción.

Otro requisito de mantenibilidad es que el sistema debe poseer un cierto grado de modularidad, de tal forma que la mantención pueda hacerse separadamente en cada módulo y no comprometa el funcionamiento de todo el sistema. Al existir módulos en el sistema, (y una adecuada documentación y abastecimiento de partes y piezas), es posible hacer una mantención rápida. Esto último es altamente deseable. Además, al inhabilitar un módulo o cambiar el ambiente donde se encuentra, sólo debieran realizarse esfuerzos sobre los enlaces que conectan los módulos y los parámetros que lo configuran. Por ejemplo, si cambia la distribución de la maquinaria y el ambiente de trabajo (turbiedad en el aire) sólo se ven afectados: el cableado de los sensores, el tipo de sensores y eventualmente el lugar donde se encuentran los PLCs. Pero siempre se seguiría utilizando la misma arquitectura de módulos.

Grado de modularidad

Este requisito corresponde al grado de modularidad que posee el sistema. El objetivo es disminuir los tiempos de mantención.

Escala [Número de módulos que cumplen diferentes funciones / Numero de requisitos funciones del sistema]

Prueba [Se contabilizará el número de funciones que debe realizar el sistema (requisitos funcionales) y el número de módulos que realizan funciones diferentes. Ej.: Si el sistema posee 3 PLCs, y cada uno de ellos es un módulo diferente. La cuenta por módulos del tipo PLC, será sólo un uno.]

Peor [2]

Plan [máximo 1]

Autoridad [Ingeniero Jefe de Desarrollo]

Un requisito importante es el respaldo de la información, para ello pueden existir uno o más respaldos de la base de datos del sistema. Existen diferentes mecanismos y técnicas para efectuar esta tarea. Desde mantener discos duros replicados (punto de vista de hardware) hasta utilizar algoritmos que se ejecutan en algún dispositivo del sistema (punto de vista de software) que planifican los tiempos de 'guardado' de la base de datos (o parte de ella). A continuación se especificará este requisito.

Respaldo de la Información:

Este requisito establece el nivel de respaldo de la información en la base de datos del sistema. El objetivo es cuantificar las pérdidas de datos en caso de una falla física durante la operación, esto incluye fallas tales como: errores en la comunicación entre módulos del sistema; pérdida del disco duro principal del computador donde reside la base de datos, en caso de bases de datos centralizadas; o la situación análoga en bases de datos distribuidas. Entre otras fallas.

Escala [N° de horas de recolección de datos perdidas/24]

Prueba [Se anotará en una bitácora la fecha de la falla y el valor de la falla según la escala especificada]

Peor [1/24]

Plan [1/144]

Autoridad [Cliente e ingeniero Jefe de Desarrollo]

Respecto del equipamiento otro requisito de mantenibilidad es el nivel de reposición de los componentes de hardware y software del sistema. Por ejemplo, en el caso de que fuera inhabilitada una o más de las pantallas de ingreso de datos por los operarios, debe poderse adquirir otra de manera fácil, y además debe configurarse rápidamente de tal forma que el sistema demore lo menos posible en volver a operar normalmente. A continuación se especifica el requisito recién descrito.

Nivel de reposición de los componentes de hardware

Este requisito corresponde al porcentaje de componentes de hardware del sistema que pueden ser repuestos en un período de 24 horas

Escala [% de los componentes de hardware del sistema que pueden reponerse dentro de 24 hrs.]

Prueba [Se tendrá un listado con cada componente del sistema y se indicará si existe repuesto, cuantos repuestos hay y cuanto demora el reemplazo de un componente defectuoso por uno no defectuoso. Luego se indicará el nivel de reposición de los componentes según la escala indicada aquí]

Peor [50%]

Plan [90%]

Autoridad [Cliente y Representante de los Desarrolladores]

Observación: Existen varias metodologías para realizar la mantención de sistemas y maquinarias. A continuación se describirán brevemente algunas de ellas.

La mantención condicional permite seguir la evolución de las fallas en el sistema y requiere de una planificación en las intervenciones al sistema antes que ocurra una falla total o parcial. Los pasos a seguir para llegar a realizar este tipo de mantención son: 1) Determinar los módulos estratégicos del sistema (Para el Sistema Ejemplo, la base de datos, el HMI, el PLC, etc.) 2) Realizar un control periódico de los módulos con puntos específicos a verificar (Por ejemplo, espacio en disco duro que lleva utilizada la base de datos del sistema), 3) Analizar el resumen del control y proponer soluciones para regularizar los potenciales problemas, 4) Planificar la mantención (tiempo, repuestos de hardware, actualización de versiones del software, licencias, etc.), 5) Realizar la mantención.

La mantención sistemática requiere de una planificación periódica para la mantención de los módulos, de tal forma que se reduzcan los riesgos de fallas, para ello se debe: 1) Realizar una documentación técnica sobre los módulos (Para el Sistema Ejemplo se puede consultar el Documento de Diseño adjunto a este documento), 2) Realizar un calendario de mantención para cada módulo (con fecha, y/o horas de funcionamiento) 3) Seguir el calendario (la tarea de mantención puede hacerse automáticamente o realizarse manualmente por los usuarios. En cualquier caso debe quedar un registro de ello).

La mantención mejorada involucra las siguientes condiciones: ocurrencia reiterada de fallas similares, reflexión respecto de esta ocurrencia y de un estudio que de solución a los problemas que provocan las fallas. Los pasos que se deben seguir son: 1) Realizar una documentación para cada módulo que contenga la historia de las fallas del mismo, 2) Revisar el histórico de cada módulo involucrado en una falla, luego que ocurra, 3) Analizar si existen fallas similares anteriormente, 4) Los encargados de mantención deben analizar las fallas, 5) Se debe proponer una solución, 6) Planificar e implementar la solución, 7) Verificar la evolución de la solución implementada.

3.6 Portabilidad

La portabilidad corresponde a la habilidad del sistema de ser transferido a un ambiente distinto del ambiente objetivo original. Incluye la adaptabilidad a otros ambientes (cambio de sensores para el monitoreo, modificaciones físicas en la planta, etc.); el reconocimiento automático del ambiente de operación; la facilidad de instalación; la adherencia a estándares o convenciones de portabilidad; y la posibilidad de reemplazar a otro sistema existente.

Para especialistas en el desarrollo de sistemas de Gestión de Producción, la característica de portabilidad es de gran importancia, en términos de que el desarrollo de un sistema particular sirve de base para otros desarrollos.

En particular para el Sistema Ejemplo no se establecieron requisitos de portabilidad. Podría haberse considerado la migración de sistemas operativos (de Windows a Linux por ejemplo) o el cambio de marcas de PLCs, que establecerán las restricciones sobre la programación (por ejemplo tipo de lenguaje: Ladder, SFC, IL).

3.7 Otros Requisitos de Calidad

Aunque anteriormente ya se había mencionado, se vuelve a indicar en este punto que la especificación de los requisitos de calidad que un sistema debe cumplir, dependerán de cada caso, pues las condiciones ambientales (físicas, de RRHH, etc.) son muy diversas en cada industria. De todas formas, sin perder generalidad, los requisitos de calidad mencionados arriba sirven como una guía, ya que son básicos en cualquier desarrollo.

Mantener una realimentación constante durante el desarrollo del sistema con el cliente/usuario es recomendable. Esto permitirá iterar hacia un producto final, que será el esperado.

4 Requisitos de Ambiente

Esta sección hace una referencia al hardware y software relevante para un Sistema de Gestión de Producción, esto incluye los requerimientos para el desarrollo, para el ambiente objetivo, para las pruebas y los aportes del cliente.

4.1 Requisitos del Ambiente de Desarrollo

4.1.1 Hardware de Desarrollo

El desarrollo del sistema requiere de cierto hardware, que puede o no ser el hardware utilizado finalmente en el ambiente objetivo. Por ejemplo, si se desea implementar las interfases para los usuarios, se deberá disponer de un dispositivo adecuado para este fin. Este dispositivo normalmente será un computador. Cabe destacar, que si un computador o computadores son utilizados en la etapa de desarrollo, no necesariamente tendrán que ser hardware presente en el ambiente objetivo.

En general se puede decir que un sistema de Gestión de Producción requerirá de una serie de dispositivos de hardware básicos para su desarrollo, entre los cuales están: computadores, PLCs e interfases de hardware programables.

Los computadores de desarrollo son utilizados para generar los prototipos de él o los HMIs del sistema, la base de datos lógica (Scheme DB) y alguna interfase de usuario diferente al HMI (en caso de requerirla). También pueden realizarse pruebas de funcionamiento en conjunto con un PLC, para verificar el correcto flujo de datos entre un dispositivo de hardware (como lo es el PLC) y alguna aplicación de software residente en un PC. La base de datos lógica puede ser implementada en un computador de desarrollo y posteriormente implementada el computador del sistema. El poblado completo de la base de datos se realizará el computador del ambiente objetivo, pero poblados parciales en el computador de desarrollo sirven como base para realizar pruebas.

El o los PLCs del ambiente objetivo pueden o no ser los utilizados en el desarrollo. Si no lo son, los programas efectuados sobre los PCLs de desarrollo deben ser compatibles con los que se utilizarán el ambiente objetivo. Idealmente deben ser del mismo modelo y marca, de esta forma se evitan esfuerzos de adaptación.

Las interfases de hardware programables pueden ser tal como en el Sistema Ejemplo, pantallas programables. Idealmente se debe utilizar las mismas interfases en el desarrollo y en el ambiente objetivo, por las mismas razones de los PLCs.

Para el Sistema Ejemplo se utilizó lo siguiente:

Tabla 6: Hardware de Desarrollo

Hardware	#	Utilidad
PLC	1	Para probar el software objetivo en uno de los equipos que pasaría a ser hardware objetivo.
Computadores	3	Para crear los software objetivos y probar algunas interfases de usuarios.
Laptop	1	Para transportar los prototipos de software.
Tester	1	Para medir continuidad en el cableado y nivel de tensión en sensores
Fuente de Poder	1	Para alimentar interfases y programarlas.
Interfases de Operario	2	Para configurarlas y dejarlas como parte del hardware objetivo.

4.1.2 Software de Desarrollo

El software necesario para el desarrollo del sistema normalmente no será el utilizado en el ambiente objetivo. Existe una gran gama de ellos que podría ser utilizada para el desarrollo, desde software de propósito general (C, C++, Java) hasta software especializados en sistemas de monitoreo, manejo de bases de datos, etc.

En la Tabla 7 se describe el software de desarrollo utilizado y la razón de porqué se utilizó.

Tabla 7: Software de Desarrollo

Software	Utilidad
In- Touch	Herramienta de Wonderware Factory Suite especialmente diseñada para el desarrollo de HMIs.
Licencia de Desarrollo (Maker)	Necesaria para realizar desarrollos en In-Touch. Note que para el software objetivo sólo será necesaria una licencia RunTime.
GMWin	Permite la programación de PLC LG, marca elegida para el hardware objetivo.
PMU-Master	Software que permite crear pantallas interactivas en las interfases de operarios.
Modbus I/O Server	Software que permite la comunicación entre PLC y PC. Se utiliza para el desarrollo en pruebas de diseño.
Licencia I/O Server	Para utilizar el I/O Server
Access	Para desarrollar la estructura de una de las bases de datos del sistema. También se poblarán con datos iniciales en el periodo de desarrollo.
Excel	Para crear los reportes de producción y de producción histórica.

4.2 Requisitos del Ambiente Objetivo

4.2.1 Hardware Objetivo

Un sistema de Gestión de Producción, como se dijo anteriormente, recolecta información de diferentes fuentes para luego procesarla y darle valor agregado. Una de las fuente de información relevante en un sistema de gestión para la industria manufacturera es el monitoreo. El hardware asociado al monitoreo incluye dispositivos capaces de: recolectar información desde las máquinas, digitalizarla, procesarla para transformarla en información útil a los usuarios y entregarla de manera amigable al usuario. De manera muy simplificada, y como una ayuda a la comprensión, se puede considerar que el hardware asociado al monitoreo adquiere la información de interés desde las máquinas y la lleva hasta los usuarios.

La Figura 1 muestra un diagrama esquemático con las componentes de hardware incluidas en el monitoreo del Sistema Ejemplo. El monitoreo del Sistema Ejemplo se efectúa en dos secciones de una industria de manufactura. En ambas secciones el hardware básico asociado consiste de: pantallas sensibles al tacto como interfase para los operarios de las máquinas, PLCs para el procesamiento de las señales provenientes de los sensores en las máquinas y módulos de comunicación.

A continuación se muestra una tabla resumen con el hardware objetivo.

Tabla 8: Hardware Objetivo

Hardware	#	Breve Descripción
Sensores Fotoeléctricos	8	Para monitoreo de máquinas
Sensores inductivos	3	Para monitoreo de máquinas
Sensores Capacitivos	3	Para monitoreo de máquinas
PLC LG GM7 40I/O	1	PLC para Sección A y B
G7L - CUEC	2	Módulos de comunicación PLCs (RS-232C/RS422)
PLC LG GM7 20I/O	1	PLC para Sección C
PMU 300	1	Interfase operario Sección A y B
PMU 200	1	Interfase operario Sección C
Convertor 485/232	1	Para comunicación entre PC y PLCs
Computador	1	Mantiene BD, HMI y Entrega los Reportes.
Fuentes de Poder	2	Para alimentar Interfases

4.2.2 Software Objetivo

El software objetivo es todo el software utilizado en *run-time* en el sistema final. Usualmente esto corresponde a las interfases para los usuarios, la base de datos operacional del sistema y el software que procesa las señales del monitoreo de las máquinas (normalmente residente en un PLC). Además de estos, debe existir un sistema operativo y los paquetes de software comerciales necesarios, en los que estén basados los desarrollos del sistema. Estos últimos pueden corresponder a Windows, Linux, Excel, Access, SQL, etc.

A continuación se muestra una tabla resumen con el Software objetivo.

Tabla 9: Software Objetivo

Software	Utilidad
In- Touch (View)	Para visualización de HMI
Licencia Run Time In-Touch (View)	Para autorizar uso de HMI en RunTime
Licencia I/O Server	Para utilizar I/O Server
Programa PLC	Para monitoreo de máquinas
Programa en Interfases Operarios	Para ingreso de datos por operarios
Access y Licencia	Para mantener una de las BD
Excel y Licencia	Para acceder a Reportes

Diagrama Esquemático Sistema Ejemplo

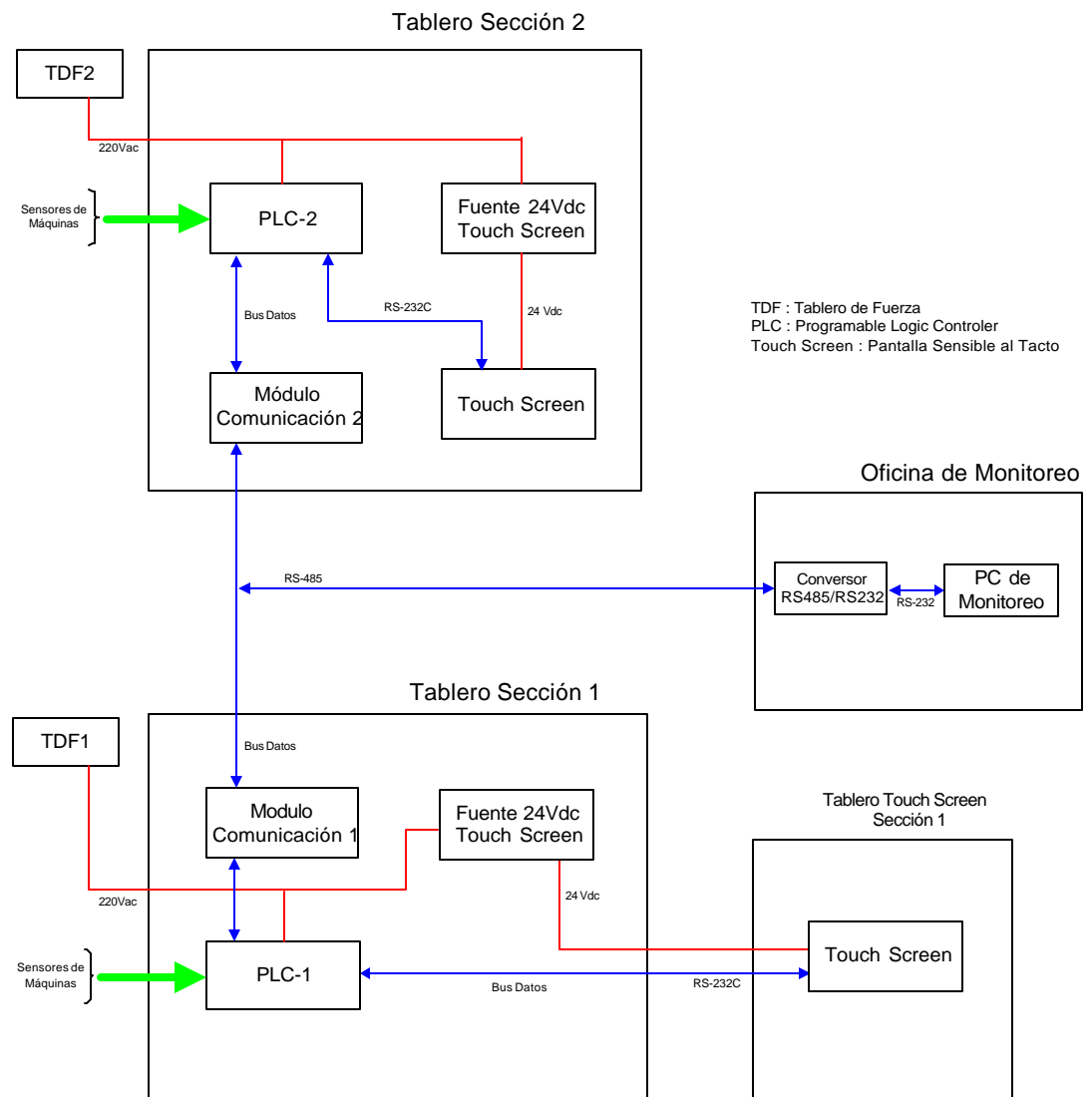


Figura 1: Componentes de Hardware del Sistema Ejemplo

4.3 Requisitos del Ambiente de Pruebas

El ambiente de pruebas incluye todos los elementos de software y hardware identificados en la sección 4.1 además del hardware y software adicional aquí identificado.

4.3.1 Hardware de Pruebas

En la implementación del sistema, existe una componente que absorberá la mayor parte de las pruebas de hardware. Esta componente es la asociada al monitoreo, el cual se ha descrito en cierta medida en secciones anteriores. Las pruebas que deben realizarse para el monitoreo van desde pruebas de cableado y funcionamiento de sensores, hasta la verificación del correcto funcionamiento de los PLCs, módulos de comunicación y PCs, entre otros. De cualquier forma, el hardware necesario para estas pruebas puede reducirse a un tester, junto a los propios dispositivos que se desean probar.

4.3.2 Software de Pruebas

Existe aún otra consideración sobre el software necesario para la implementación del sistema. Se debe tomar en cuenta el software usado para las pruebas, adicional al de desarrollo. Tales softwares puede ser: *debuggers*, programas de generación de datos de pruebas, simuladores genéricos, simuladores hechos a medida, etc.

En el caso del Sistema Ejemplo, no se utilizó software de pruebas diferente al de desarrollo. El software de desarrollo para programar los PLCs también permite realizar pruebas mediante simulación. El HMI puede ser probado ejecutando las pantallas programadas en In-Touch. Al unir PLC y computador de desarrollo una vez que se han creado los primeros prototipos de software, es posible probar en conjunto las funcionalidades del monitoreo.

4.4 Hardware y Software Entregado por el Cliente

En algunos casos el cliente del sistema puede proporcionar algunos elementos de software y/o hardware que desea sean parte o complemento del sistema de Gestión de Producción. Por ejemplo, una empresa de manufactura puede tener ya implementado un sistema de costos, sin embargo, no posee un sistema que monitoree su producción, y él requiere de un sistema de Gestión de Producción que considere ambas fuentes de información. El desarrollo del sistema final (sistema de Gestión de Producción) deberá tomar en cuenta el ambiente en el cual está desarrollado el software y la compatibilidad del hardware, proporcionado por el cliente al comienzo del desarrollo. Esta consideración es de importancia, pues el tránsito de un sistema a otro, deberá ser lo menos impactante posible para los usuarios del antiguo sistema que posee el cliente.

En particular, el cliente del Sistema Ejemplo poseía un software de administración que maneja: la facturación, control de inventarios, control de órdenes de compras, la contabilidad, las cuentas corrientes de los clientes y acreedores, las remuneraciones y la administración del personal. Este sistema de administración está implementado para el usuario en un ambiente de planillas Excel. Como algunos de los usuarios del sistema de Gestión de Producción, también son los usuarios del sistema de administración, se implementó a los reportes de producción en un ambiente de planillas Excel.

5 Arquitectura del Sistema

5.1 Diagrama de Arquitectura

La siguiente figura muestra las componentes del sistema y sus principales interacciones. Las componentes aparecen indicadas con su nombre. Note que sólo se han especificado con nombre dos de los módulos del sistema de Gestión de Producción. Esto porque la mayor parte de las veces serán necesarios sólo estos dos módulos. Otros módulos pueden estar relacionados con la administración de la empresa, los productos en bodega, las importaciones, normas en la empresa, etc.

En el Documento de Diseño del Sistema Ejemplo, adjunto al presente documento, se describe la arquitectura de un sistema particular. El diagrama de la Figura 2 muestra la arquitectura general de un sistema de Gestión de Producción para empresas manufactureras.

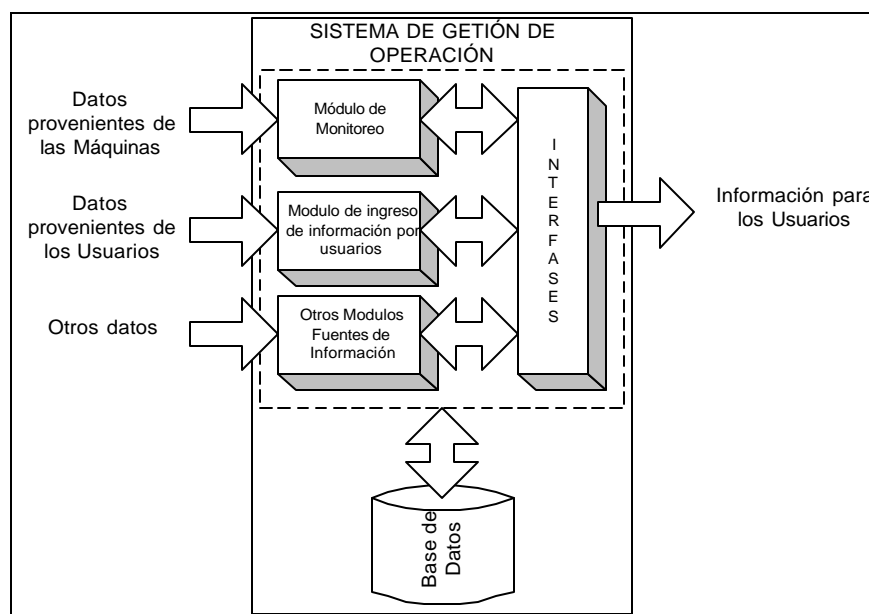


Figura 2: Diagrama de arquitectura del sistema

5.2 Descripción de Componentes

Las siguientes son las componentes descritas en la Figura 2. Por cada componente se entrega un breve párrafo descriptivo de su función y sus interacciones con otras componentes y con el medio.

5.2.1 Módulo de Monitoreo (MONITOR)

El módulo de monitoreo permite al sistema recopilar información desde las máquinas, la cual será procesada y enviada a otras dos componentes del sistema: el módulo de interfaces y el módulo de la base de datos.

La componente MONITOR contiene hardware y software asociado. La Figura 3 muestra los submódulos de esta componente.

El submódulo de hardware debe recopilar información desde las máquinas en forma de señales electrónicas u ópticas, y luego procesarlas para enviarlas al módulo de software en forma digital.

El submódulo de software debe tomar la información digitalizada proveniente del módulo de hardware y procesarla para enviarla a la componente de interfaces del sistema de Gestión de Producción, la cual desplegará la información de interés al usuario. Además, este submódulo deberá enviar información para completar los atributos en las tablas del módulo de la base de datos.

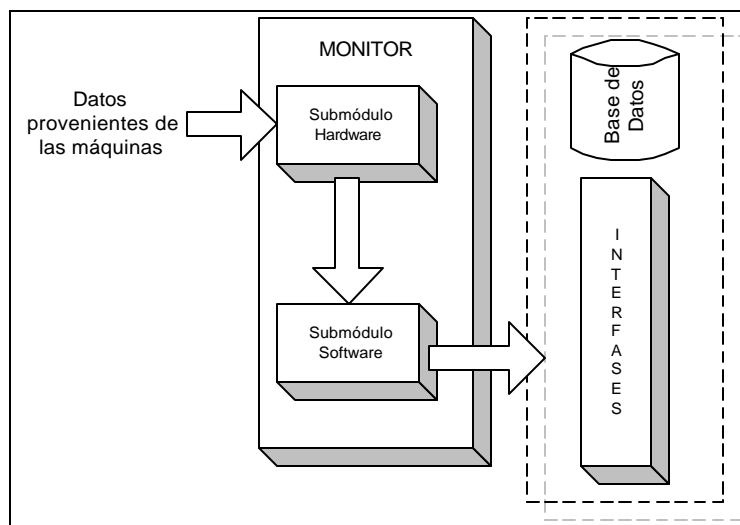


Figura 3: Módulo de Monitoreo (MONITOR)

5.2.2 Módulo de Ingreso de Información por Usuarios (USER INPUT)

Este módulo permite recopilar información que ingresan los usuarios al sistema. Tal información será eventualmente procesada y enviada a otras dos componentes del sistema: el módulo de interfaces y el módulo de la base de datos.

La componente USER INPUT contiene hardware y software asociado. La Figura 4 muestra los submódulos de esta componente.

El submódulo de hardware se compone de uno o más dispositivos físicos que permiten a los usuarios del sistema ingresar datos a este. Los dispositivos pueden ser botoneras, teclados de computador, mouse, pantallas sensibles al tacto, etc. Este submódulo debe enviar los datos ingresados por los usuarios al submódulo de software.

El submódulo de software deberá interpretar la información proveniente del submódulo de hardware y enviarla procesada (sólo eventualmente, pues podría enviarse directamente) a los módulos de interfaces y base de datos.

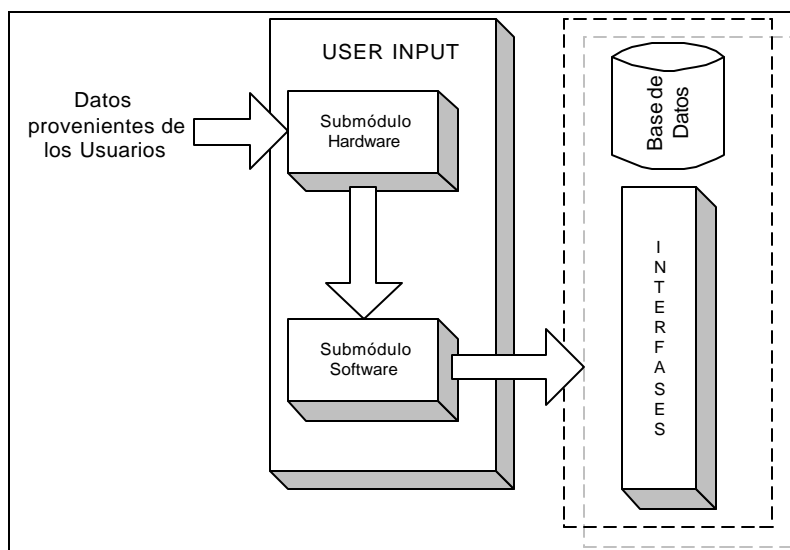


Figura 4: Módulo de Ingreso de Información por Usuarios (USER INPUT)

5.2.3 Otros Módulos Fuentes de Información

Estos módulos son otras fuentes de información para el sistema. Este documento no detallará sobre ellos. Algunos ejemplos son: sistemas de costos, sistemas de inventario, reglas administrativas o políticas de la empresa, etc.

5.2.4 Módulo de Interfases (INTERFACE)

Este módulo es la capa externa del sistema de Gestión de Producción. En donde exista interacción con el usuario deberá existir una interfase. Esta componente tiene asociado hardware y software. El hardware es el o los dispositivos físicos con los cuales el usuario interactúa. El software es el que procesa las entradas y despliega las salidas, del módulo INTERFACE. Las salidas de este módulo son la información que el usuario percibe del sistema. Esta información puede ser entregada en forma de reportes de la producción, información en línea, datos históricos, etc.

Note que en el módulo USER INPUT, el submódulo de software es equivalente al software asociado al módulo INTERFACE. Se prefirió ser redundantes en este caso, pues de esta forma se maneja una estructura estandarizada para los módulos que son fuentes de información al sistema, tales como MONITOR, USER INPUT u otros.

5.2.5 Módulo de Base de Datos (DATABASE)

En general, una base de datos tiene dos propiedades importantes: 'integrar' y 'compartir'; la integración significa que los diferentes archivos de datos han sido lógicamente organizados para reducir la redundancia de datos y facilitar el acceso a ellos; el compartir significa que todos los usuarios calificados tienen acceso a los mismos datos, para usarlos en diferentes actividades.

En particular, este módulo es el repositorio de los datos del sistema durante la operación de la fábrica. La base de datos puede ser o no distribuida, dependiendo de los requerimientos del sistema. La estructura de la base de datos puede ser una estructura de árbol, grafo o relacional. Actualmente el tipo de base de datos más utilizada es la relacional, que usa como base estructural las tablas relacionadas.

La base de datos operacional del sistema es poblada con las salidas de los módulos MONITOR, USER INPUT u otros módulos que son fuentes de información, y eventualmente con el módulo INTERFACE.

Existen algunas aplicaciones que requieren de una base de datos adicional. Esta base de datos es una base de datos multidimensional llamada datawarehouse (tiene no sólo filas y columnas). Su función principal es procesar la información histórica recolectada en la base de datos operacional, mediante algoritmos que transforman dicha información en 'conocimiento' [McFa99]. La actualización del datawarehouse es mucho más lenta que la base de datos operacional, pues se recarga con información al término de los períodos de operación.

Note que este módulo abarca todos los datos del sistema, los cuales pueden estar almacenados en distintas estructuras (tablas, archivos, etc.).

5.3 Matriz de Requisitos Funcionales y Componentes

La siguiente matriz muestra qué componentes implementan qué requisitos funcionales.

Tabla 10: Matriz de requisitos funcionales y componentes

	MONITOR	USER INPUT	DATABASE	INTERFACE
RF1	X			
RF2		X		
RF3			X	
RF4				X
RF5				X
RF6				X
RF7	X			
RF8	X			

6 Requisitos de Desarrollo y Post-Desarrollo

6.1 Normas de Desarrollo

Cualquier sistema que involucre el desarrollo continuo de hardware y/o software requiere de una manera estructurada de trabajar. Existen técnicas para apoyar el diseño y mantener documentación sobre el sistema. Es recomendable utilizar algunas técnicas especificadas en la ingeniería de software [Pres97].

En el desarrollo de un sistema de Gestión de Producción debe mantenerse una documentación técnica respecto de los módulos involucrados. Esta documentación debe incluir como mínimo lo que se especifica en el Documento de Diseño (completado para el Sistema Ejemplo) que se adjunta al presente documento. La documentación respecto del software incluye detalles tales como: declaraciones y funciones públicas, estructuras de datos, estrategias de pruebas, etc. Respecto del hardware debe mantenerse una documentación respecto de las hojas técnicas o manuales de uso y desarrollo de los equipos que componen el sistema, se debe mantener un listado con los proveedores de repuestos para el sistema y un listado de las normas de calidad que el sistema debe cumplir, junto a una breve explicación o indicación de referencias.

En general, respecto del tratamiento de los datos del sistema, el enfoque tradicional utilizado en el desarrollo de sistemas de información, se relaciona con el procesamiento de datos por departamento (o unidad organizacional), es decir, los sistemas de información responden a requerimientos de usuarios por aplicaciones individuales como remuneraciones, cuentas corrientes, contabilidad, control inventario, etc. Cada sistema desarrollado es diseñado, entonces, para satisfacer las necesidades de un departamento o grupo de usuarios, no existiendo una planificación corporativa o un modelo que guíe el desarrollo de aplicaciones. Este enfoque es llamado enfoque por agregación, y debe su nombre debido a que representa un proceso evolutivo que se presenta al ir acoplando a al sistema de información nuevas funciones, y por ende, nuevos requerimientos que no habían sido considerado en el momento del diseño inicial del sistema.

Existe otro enfoque, que muchas veces es utilizado y no es el más adecuado, este es el enfoque de sistemas de archivos, donde cada nueva aplicación es diseñada con su propio conjunto de archivos de datos. Muchos de esos datos pueden ya existir en archivos de otras aplicaciones, pero para ser usados en la nueva aplicación requerirían de reestructuración, lo cual es complejo dado que es necesario revisar los programas que usan esos archivos, e incluso a veces, re escribir completamente los programas. Por lo anterior, la mayoría de las veces es más simple diseñar nuevos archivos para cada aplicación.

El enfoque que se recomienda utilizar para la base de datos de un sistema de Gestión de Producción, es el llamado enfoque de base de datos (valga la redundancia). En este enfoque los datos son visualizados como un recurso que debe ser compartido entre diferentes usuarios. Cada usuario puede contar con una visión propia de la base de datos, de acuerdo a sus requerimientos de información. Los datos son almacenados de tal manera que sean independientes del programa que los usa. Se tiene un control

centralizado de las operaciones de protección, ingreso, modificación, eliminación y recuperación de datos, a través de un software específico: DBMS (Data Base Management System). A modo de resumen, una base de datos se puede definir como un conjunto de archivos relacionados, donde los archivos en cuestión no están directamente asociados con programas de aplicaciones.

Las desventajas de utilizar el enfoque tradicional de procesamiento de datos se resumen en:

REDUNDANCIA NO CONTROLADA: Al tener cada aplicación sus propios archivos existe un alto grado de redundancia, lo que conlleva a pérdida de espacio, ingreso repetidamente del dato para actualizar todos los archivos donde él está e inconsistencias (o varias versiones del dato) lo que requiere de tiempo para corregirlas. En general algo de redundancia es útil, pero debe ser muy bien controlada.

INCONSISTENCIA DE DATOS: Se produce cuando el dato es almacenado en distintas partes y no se modifica en todas ellas al realizarse una actualización (update). Es la fuente más común de errores en las aplicaciones, lleva a documentos y reportes inconsistentes y hace disminuir la confianza del usuario en la integridad del sistema de información.

INFLEXIBILIDAD: No se puede responder con facilidad a requerimientos de información (reportes, documentos, etc.) que no hallan sido considerados en el diseño original. Esto origina frustración en los usuarios al no poder comprender porque el sistema no puede darles la información que necesitan en el nuevo formato requerido, a pesar que se cuenta con los archivos respectivos.

ESCASA POSIBILIDAD DE COMPARTIR DATOS: Como cada aplicación tiene sus propios archivos, existe poca oportunidad para los usuarios de compartir datos. Esto trae como consecuencia que el mismo dato tenga que ser ingresado varias veces para actualizar los archivos con datos duplicados. Otra consecuencia, es que al desarrollarse nuevas aplicaciones no es posible a veces, explotar los datos contenidos en archivos que ya existen, teniendo que crearse nuevos archivos con la consiguiente duplicación de datos.

POBRE ESTANDARIZACION: Al desarrollar sistemas de información, se requieren estándares básicamente para los nombres de datos, formatos y restricciones de acceso. Estos estándares son difíciles de tener en un enfoque tradicional, principalmente porque la responsabilidad por el diseño y operación del sistema es descentralizada. Esto puede traer dos tipos de inconsistencias: sinónimos (uso de nombres diferentes para un mismo ítem de datos) y homónimos (uso de un mismo nombre simple para ítems de datos distintos). La estandarización es más difícil en grandes organizaciones sin control centralizado, ya que cada unidad puede tener sus propias aplicaciones con sus nombres y formatos particulares. La pobre estandarización dificulta las mantenciones de la aplicación.

BAJA PRODUCTIVIDAD DEL PROGRAMADOR: El programador, en general, debe diseñar cada archivo usado en una nueva aplicación y luego codificar las definiciones en el programa (en algunos casos esto se simplifica pues se usan descripciones de datos estándares que existen en bibliotecas). También debe escribir las instrucciones de Input/Output requeridas por el método de acceso seleccionado. Por lo tanto, se requiere

de un mayor esfuerzo de desarrollo lo que lleva a una baja productividad y por ende aumentan los costos del software.

EXCESIVA MANTENCIÓN: Como las descripciones de archivos, registros e ítems de datos están dentro de los programas, cualquier modificación de un archivo requiere que se identifiquen el o los programas donde será usado. A esto le se llama **mantención** y hoy en día cerca del 80% del esfuerzo de programación es ocupado en esta tarea.

6.2 Requisitos de Comunicación

Es recomendable que el equipo de trabajo que implementará el sistema mantenga informado al cliente del avance del proyecto. Esta regla es frecuentemente utilizada en los desarrollos basados en prototipos o esquemas evolutivos [Pres97].

El encargado de interactuar con el cliente en el equipo de trabajo deberá avisar (en memorando, correo electrónico u otro método donde quede constancia) a los demás integrantes sobre lo conversado con el cliente.

Las modificaciones y avances durante el desarrollo del sistema quedarán especificadas en el documento de diseño, a través de la indicación de versión o algún comentario en la historia del documento. Este requisito de comunicación es fundamental para la coherencia en el desarrollo y actualizaciones del sistema.

Lo recomendado es que el equipo de trabajo informe al auspiciador del estado de avance del proyecto a lo menos cada dos semanas. La información debe entregarse vía correo electrónico. Sin perjuicio de lo anterior, el equipo de trabajo se comunicará personalmente, por teléfono o por correo electrónico con la frecuencia necesaria para llevar a cabo el proyecto. El jefe del proyecto acusará recibo de un mensaje de correo electrónico dentro de las 24 horas hábiles. El auspiciador acusará recibo de un mensaje de correo electrónico o un recado en el contestador telefónico dentro de las 48 horas hábiles.

6.3 Requisitos de Medios de Entrega

Es útil establecer desde el comienzo del desarrollo del sistema de qué forma se hará la entrega de este, en cuanto a medios físicos y electrónicos. Se deberá especificar el formato de archivos (Word, PDF), el medio físico (papel, disquete, CD, correo electrónico), y cualquier otra condición similar.

Lo recomendado es utilizar el medio electrónico para las entregas frecuentes. Los desarrolladores deben quedarse con una copia en papel de esta documentación. Los documentos finales de entrega deberán hacerse tanto en papel como en CD.

6.4 Condiciones de Entrega

Otro aspecto útil que debe tenerse en cuenta al inicio del desarrollo, son las condiciones de entrega. Se debe describir cómo se entregará el sistema completo, en cuanto a documentación, implementación, resultados de pruebas, capacitación, etc.

Para el hardware, se deberá indicar cómo será entregado y en qué condiciones. Lo recomendado es realizar un listado que contenga el nombre del equipo o componente del sistema, detalles sobre sus partes, números seriales, cantidad de estos componentes dentro del sistema y firmas entre cliente y desarrolladores que avalen la validez del listado.

Para el software, se deberá entregar una explicación simple de los módulos (de software), una guía de usuario y la indicación de versión. Esto estará incluido dentro del software.

Para el sistema conjunto, se debe establecer un período de garantía que permita entregar servicios de mantención. Se debe dar capacitación a los usuarios, de acuerdo a cada perfil de usuario.

En general, lo recomendado al entregar un sistema de Gestión de Producción es adjuntar: una lista con todas las componentes de hardware con su código serial y papeles de garantía; un listado con las componentes de software y un certificado de la duración de licencias; los manuales de usuarios; y una guía tipo formulario para registro de fallas y contacto para el servicio técnico. El medio físico de entrega debe ser papel. Los manuales también tendrán una copia electrónica que será entregada en CD.

6.5 Requisitos de Entrenamiento y Transferencia Tecnológica

Cualquier sistema de Gestión de Producción requerirá de una etapa de entrenamiento y transferencia tecnológica. Comúnmente esto se realiza durante un período de capacitación, apoyado por una guía de usuario previamente proporcionada al cliente. La capacitación deberá considerar los diferentes períodos de aprendizaje de los usuarios, pues al final de ésta, todos los usuarios deben operar el sistema sin problemas. Es recomendable realizar una evaluación al final de la capacitación, pues de esta forma se asegura que todos los futuros usuarios no tienen problemas al operar el sistema.

7 **Gestión de Riesgos**

El riesgo es una posibilidad de pérdida o daño. La gestión de riesgos realiza la evaluación (identificación, análisis y priorización) y control (planificación, resolución y monitoreo) de estos.

7.1 **Supuestos**

La ejecución del trabajo necesario para desarrollar el sistema funciona bajo supuestos técnicos, que si se hacen críticos deben ser verificados para constatar su veracidad, pues estos pueden transformarse en riesgos que hay que identificar y gestionar.

En particular, se hará mención a algunos supuestos realizados durante el trabajo de desarrollo del Sistema Ejemplo, y que se transformaron en un riesgo para el cumplimiento oportuno de los plazos establecidos con el cliente.

Se supuso que durante todo el tiempo de implementación del sistema, no habría problemas con el abastecimiento de energía eléctrica. Sin embargo, la empresa donde se instaló el sistema maneja un programa de abastecimiento de energía con cortes durante el verano. Por lo tanto, horarios que habían sido considerados para la implementación del sistema, tuvieron que ser reprogramados.

También se supuso un tiempo máximo de un mes para las importaciones, plazo que no fue cumplido. Por ello debió reprogramarse el plan de desarrollo (calendario).

7.2 **Dependencias**

Las dependencias son condiciones o hechos que deben ocurrir y que están fuera del control directo del equipo de trabajo. Usualmente se refieren a tareas que deben ser hechas por participantes que no son el equipo de trabajo. Es recomendable indicar las dependencias, pues obliga a verificar si éstas se cumplirán adecuadamente, y si no es así, pueden dar lugar a riesgos que deben ser gestionados.

Para el Sistema Ejemplo, hay un caso muy claro de dependencia. Se trata del ingreso de datos por parte de los operarios. Si alguno de ellos no ingresa correctamente la información de su código, y en vez del suyo ingresa el de algún compañero, el sistema no será capaz de notar el error, pues se trata de un código válido. Una manera de corregir este error puede ser incorporar algún otro sistema de identificación tal como: identificación por código de barras utilizando una tarjeta personal, o detección de huella digital, u otro mecanismo similar.

En general, el problema no es que no existan formas de eliminar las dependencias, sino que a que costo estas deben ser erradicadas.

7.3 Restricciones

Las restricciones se refieren a los recursos, hardware, software, estándares, etc. que se deben usar en el proyecto del sistema. Las restricciones son indicaciones claras para los diseñadores respecto de qué se puede y no se puede hacer. Pueden dar lugar a riesgos que los diseñadores no podrán manejar debido a las restricciones establecidas. Estos riesgos deben ser administrados.

El Sistema Ejemplo debió ser diseñado con la restricción de no intervenir las máquinas del monitoreo. Esto conlleva a una serie de riesgos respecto de la efectividad de las mediciones realizadas. Por ejemplo, en una máquina puede ser muy difícil ubicar uno o más sensores que permitan medir la cantidad de producto que se fabrica. Sin embargo, muchas veces sería muy fácil adquirir esta información leyendo alguna zona de memoria del controlador de la máquina misma, pero como existe la restricción de no intervenir la máquina, la tarea de diseño se vuelve más compleja.

7.4 Riesgos

Los riesgos son hechos que pueden o no ocurrir, y que de ocurrir generan problemas al proyecto. Algunos riesgos provienen de supuestos, dependencias y restricciones, pero otros provienen de otras partes. El indicar un riesgo compromete a evitar que se transforme en un problema; en el caso de los riesgos mayores, se debe tener de antemano un plan de contingencia.

Definiciones

AMT	[Tecnologías Avanzadas de Manufactura]
HMI	[Interfase Humano Máquina]
PLC	[Programmable Logic Controller]
SI	Sistema de Información

Universidad Técnica Federico Santa María
Departamento de Electrónica

Documento de Diseño de Sistema de Gestión de la Producción para Industrias Manufactureras: “Sistema Ejemplo”

Fecha	[13 Abril 03]
Versión	[0.1b]
Autor	Verónica Gacitúa
Auspiciadores	Daniel Rodríguez Juan Pablo Hernández Patricio Jaque

Prefacio

Este es el Sistema de Gestión de la Producción para Industrias Manufactureras de .

Alcance del documento El Sistema de Gestión de la Producción para Industrias Manufactureras presenta las decisiones de diseño de . Describe los siguientes aspectos del sistema: arquitectura revisada, descripción de cada módulo.

Documentos relacionados Este documento está basado en el Documento de Requisitos de , versión 0.1c de fecha 13 de Abril de 2003.

Autor Verónica Gacitúa

Lectores Este documento está dirigido principalmente a los desarrolladores del proyecto, pero es de interés de todos los que deseen conocer cómo se implementó el proyecto.

Aprobación Este documento debe ser sometido a revisión de pares, pero no tiene una aprobación formal por alguien externo al equipo de desarrollo.

Historia del Documento

Versión	Fecha	Explicación del cambio	Autor
0.1a	Marzo 03	Primer borrador	Verónica Gacitúa

Índice de Materias

Prefacio	55
Historia del Documento	55
Lista de Figuras	57
Lista de Tablas	57
1 Arquitectura Revisada del Sistema	58
1.1 Diagrama de Contexto	58
1.2 Diagrama de Arquitectura	59
1.3 Enumeración de Módulos	60
1.4 Matriz de Requisitos Funcionales y Módulos	63
2 Módulo [PMU A/B]	64
2.1 Definición del Módulo	64
3 Módulo [PLC A/B]	65
3.1 Definición del Módulo	65
4 Módulo [Com PLC A/B]	67
4.1 Definición del Módulo	67
5 Módulo [PMU C]	68
5.1 Definición del Módulo	68
6 Módulo [PLC C]	69
6.1 Definición del Módulo	69
7 Módulo [Com PLC C]	71
7.1 Definición del Módulo	71
8 Módulo [Conv 485/232]	72
8.1 Definición del Módulo	72
9 Módulo [I/O Srv]	73
9.1 Definición del Módulo	73
10 Módulo [HMI]	74
10.1 Definición del Módulo	74
11 Módulo [FileSto]	75
11.1 Definición del Módulo	75
12 Módulo [BDACS]	76
12.1 Definición del Módulo	76

13	Módulo [RepProd]	77
13.1	Definición del Módulo	77
14	Módulo [RepHist]	78
14.1	Definición del Módulo	78
	Definiciones	79

Lista de Figuras

Figura 5:	Diagrama de contexto del sistema.....	58
Figura 6:	Diagrama de arquitectura del sistema.....	59

Lista de Tablas

Tabla 11:	Módulos de la arquitectura del sistema.....	60
Tabla 12:	Matriz de requisitos funcionales y módulos	63

1 Arquitectura Revisada del Sistema

En el Documento de Requisitos de se especificó la arquitectura inicial de un sistema de este tipo. Ahora, en este documento se mostrará el trabajo de diseño más detallado para el “Sistema Ejemplo” del documento de requisitos.

El Sistema Ejemplo fue desarrollado para una empresa manufacturera. El sistema cubre tres secciones de manufactura de la empresa. Las secciones serán llamadas: sección A, B y C. Igualmente las máquinas serán llamadas Máquina 1, Máquina 2, y así sucesivamente. Los usuarios del sistema son los operarios de las máquinas monitoreadas y algunos administrativos.

1.1 Diagrama de Contexto

En el diagrama de contexto, el sistema está graficado como una caja negra, junto a los principales entes externos al sistema que interactúan con él. Estos entes externos pueden ser electrónicos, mecánicos, de software, e incluso personas. Las flechas que unen los entes externos con el sistema indican flujos de datos desde o hacia el sistema.

El diagrama de la Figura 2 muestra un diagrama de contexto general para un sistema de Gestión de Producción cualquiera. La Figura 6 muestra un esquema de la arquitectura de diseño para el Sistema Ejemplo.

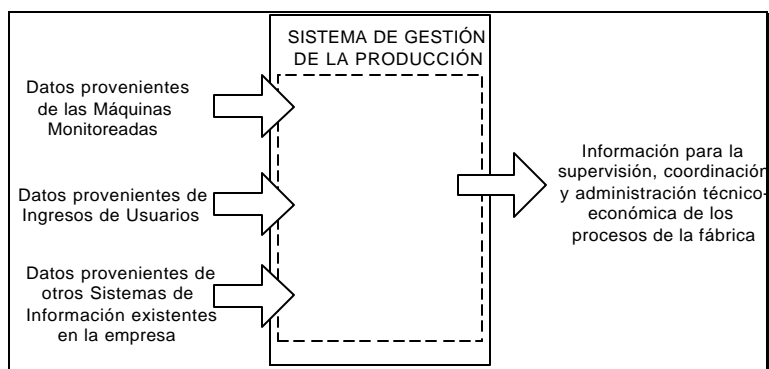


Figura 5: Diagrama de contexto del sistema

Los entes externos a un sistema de Gestión de Producción consisten básicamente en fuentes de datos que son de interés para el manejo y toma de decisiones a nivel operacional y de planificación en la empresa. Los flujos de datos hacia el sistema, en el caso de sistemas de gestión orientados a la producción, generalmente corresponden a datos provenientes desde el monitoreo de máquinas y el ingreso de datos por parte de los usuarios, que pueden ser los mismos operarios de las máquinas o administrativos de la empresa. En cada caso los usuarios serán diferentes y para ello existirán distintos perfiles. Más detalles acerca de los perfiles de usuario se pueden revisar en el Documento de Requisitos de este sistema.

1.2 Diagrama de Arquitectura

La siguiente figura muestra los módulos internos del Sistema Ejemplo y sus principales interacciones. Los módulos aparecen indicados con su nombre corto o abreviatura.

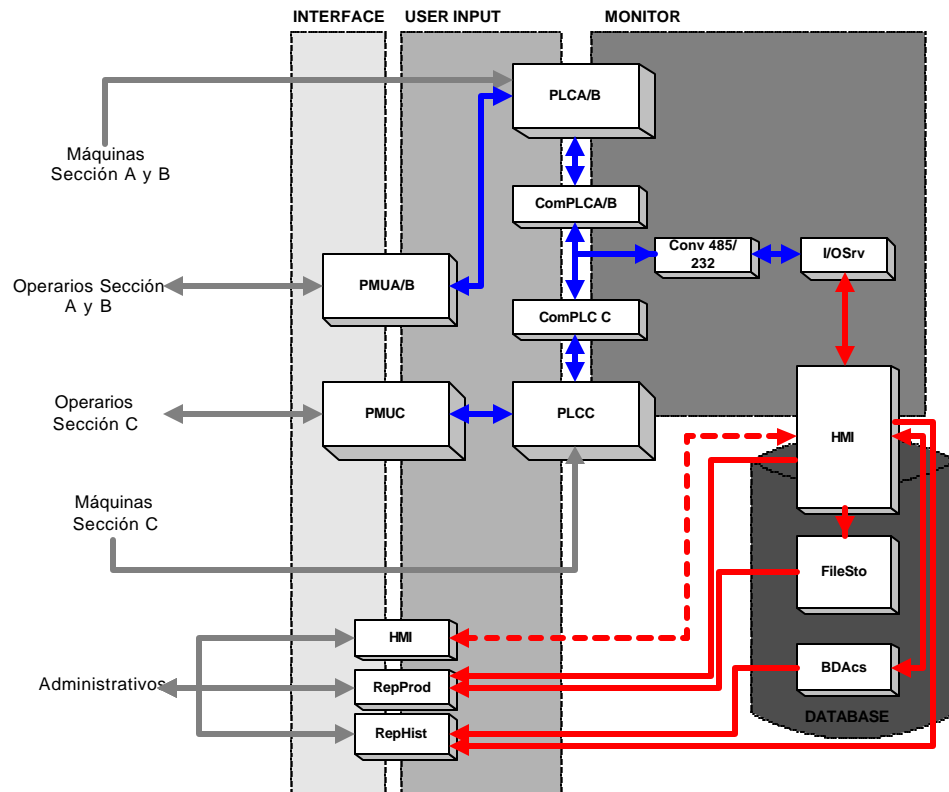


Figura 6: Diagrama de arquitectura del sistema

La figura arriba muestra la arquitectura del sistema, tanto de hardware como de software. Las flechas rojas conectan módulos de software, en tanto las flechas azules conectan módulos de hardware. Note que en la figura hay una flecha roja punteada, esta es una conexión entre dos sub-aplicaciones del módulo HMI, el cual se explica con más detalle en la sección posterior. Las flechas grises son sólo una indicación de los flujos de datos desde y hacia el sistema.

1.3 Enumeración de Módulos

La Tabla 11 muestra los módulos de la Figura 2. Por cada módulo se entrega un breve párrafo descriptivo de su propósito, además de la sección en donde se especifica el módulo en detalle.

Tabla 11: Módulos de la arquitectura del sistema

Módulo	Propósito	Sección
Touch Screen para Sección A y B (PMU A/B)	Este módulo corresponde físicamente a una pantalla sensible al tacto (Touch Screen). Esta pantalla tiene implementado un software que permite a los operarios de las máquinas ingresar datos tales como el código de operario (el propio), el código de máquina (en la cual trabajarán) y el código de producto (que fabricarán). Además, la pantalla despliega al final del ingreso de los datos un resumen que se podrá aceptar o modificar. Este módulo se conecta con el módulo PLC A/B	2
Controlador Lógico Programable para Sección A y B (PLC A/B)	Este módulo corresponde físicamente a un PLC. Se conecta por las entradas digitales (digital I/O) a los sensores para el monitoreo de las máquinas y a través del puerto de carga con el módulo PMU A/B. Su principal función es procesar los datos de monitoreo y entradas de usuarios que serán posteriormente utilizados por el módulo HMI.	3
Modulo Comunicación del PLC de la Sección A y B (Com PLC A/B)	Este módulo es un módulo de extensión que habilita un puerto RS-485 al PLC A/B y permite comunicar a este módulo con los módulos PLC C e I/O Server.	4
Pantalla con Teclado para Sección C (PMU C)	Al igual que el módulo PMU A/B, este módulo corresponde físicamente a una pantalla, con la diferencia que no es sensible al tacto sino que posee un teclado. Las funciones de este módulo son las mismas que PMU A/B, y se conecta con PLC C.	5
Controlador Lógico Programable para Sección C	Ídem que PLC A/B pero para al Sección C de la fábrica.	6

Módulo	Propósito	Sección
(PLC C)		
Extensión de Comunicación del PLC de la Sección C (Com PLC C)	Ídem que Com PLC A/B pero asociadas al PLC C.	7
Convertor de RS 485 a RS 232. (Conv 485/232)	Este módulo es físicamente un convertor, el cual cambia el protocolo de transporte de datos de RS-485 a RS-232, con el objeto de permitir la comunicación entre los PLCs de las secciones A, B y C, y el computador que posee el HMI.	8
Servidor de Input/Output (I/O Srv)	Este módulo es una aplicación de software que permite una comunicación bidireccional entre los módulos Conv 485/232 y HMI. Los datos provenientes de Conv 485/232 fluyen en acuerdo con el protocolo de comunicación Modbus desde y hacia la puerta serial de un PC donde reside el HMI. Los datos son interpretados por I/O Srv y comunicados a través del protocolo DDE a otras aplicaciones del sistema residentes en el PC	9
Interfase Humano Máquina (HMI)	Este módulo es una aplicación de software que permite almacenar en un PC los datos provenientes del monitoreo de máquinas y entradas de usuarios, además de desplegar índices de producción (en base a los datos recolectados) en una interfase gráfica en la pantalla del PC.	10
Repositorio de Datos en Archivos Excel (FileSto)	Este módulo corresponde a un conjunto de archivos Excel que mantienen registros diarios de los datos de monitoreo y entradas de usuario durante la producción de la fábrica. Estos archivos son creados por el módulo HMI y son utilizados para crear los Reportes de Producción (módulo RepProd).	11
Base de Datos Access (BDACS)	Este módulo es una base de datos que mantiene las entidades: producto, máquina, operario e históricos. Esta base de datos es consultada por los módulos RepHist y HMI, y es poblada a través del HMI.	12

Módulo	Propósito	Sección
Reportes de Producción (RepProd)	Este módulo corresponde a una aplicación de software en formato Excel, que se crea en base a los datos del módulo FileSto y entrega diariamente al usuario índices y gráficos de producción que son interés de la empresa. Los reportes son iniciados por el módulo HMI.	13
Reportes Históricos (RepHist)	Este módulo corresponde a una aplicación de software en formato Excel, que se crea en base a los datos del módulo BDACS y entrega diariamente al usuario índices y gráficos de producción que son interés de la empresa. Los reportes son iniciados por el módulo HMI.	14

1.4 Matriz de Requisitos Funcionales y Módulos

La siguiente matriz muestra qué módulos del sistema implementan qué requisitos funcionales.

Tabla 12: Matriz de requisitos funcionales y módulos

	PLC C	PLC A/B	PMU C	PMU A/B	HMI	FileSto	BDACS
RF1	X	X					
RF2			X	X			
RF3					X	X	X
RF4							
RF5							
RF6					X		
RF7		X					
RF8							

	RepProd	RepProd Hist	I/O Srv	Com PLC A/B	Com PLC C	Conv 485/232
RF1						
RF2						
RF3						
RF4	X					
RF5		X				
RF6						
RF7						
RF8			X	X	X	X

Observación: Las siguientes secciones de este documento describen en forma más detallada cada uno de los módulos del Sistema Ejemplo. Para mantener la confidencialidad en los detalles de desarrollo de este sistema (debido a que actualmente pertenecen a una empresa) no se hará mención de: las declaraciones y funciones públicas, las estructuras de datos, las funciones privadas, las estrategias de pruebas y el diseño detallado de las funciones, para cada módulo. Cabe destacar, que esta información debe ser completada por los desarrolladores de un sistema de este tipo para facilitar las tareas de desarrollo y actualización. Al final de este documento se adjunta una plantilla para la descripción detallada de los módulos.

2 Módulo [PMU A/B]

2.1 Definición del Módulo

Propósito	<p>Este módulo corresponde físicamente a una pantalla sensible al tacto (Touch Screen). Esta pantalla permite a los operarios de las máquinas de la Sección A y B, sólo presionando botones dibujados en la pantalla, ingresar datos tales como el código de operario (el propio), el código de máquina (en la cual trabajarán) y el código de producto (que fabricarán). Además, la pantalla despliega al final del ingreso de los datos un resumen que se podrá aceptar o modificar.</p> <p>Este módulo se conecta con el módulo PLC A/B.</p>
Alcance	<p>Este módulo es parte de la interfase del sistema, actúa como un dispositivo intermedio entre el usuario y el módulo PLC A/B, que es más interno al sistema y provee los datos ingresados por los usuarios al HMI.</p>
Dependencias	<p>El funcionamiento correcto de este módulo requiere de una comunicación sin problemas entre él y el módulo PLC A/B. Esta comunicación se establece entre el único puerto de comunicaciones del módulo PMU A/B y el puerto de carga de PLC A/B.</p>
Supuestos	<p>El funcionamiento del módulo supone que: el suministro eléctrico es al menos igual al de la fábrica; el software en él no será alterado o degradado por los usuarios del sistema; los usuarios colaborarán en el ingreso de los datos; y está bien resguardado de agentes ambientales dañinos.</p>
Restricciones	<p>El módulo actualmente no posee verificación de código de operario, además, permite sólo ingreso de códigos en forma manual, el despliegue en pantalla del resumen de datos ingresados es relativamente lento (tolerable para la operación normal de la fábrica) debido al tipo de comunicación entre módulos y la cantidad de módulos por los cuales debe viajar dicha información para poder ser desplegada.</p>

3 Módulo [PLC A/B]

3.1 Definición del Módulo

- Propósito** Este módulo corresponde físicamente a un PLC (Controlador Lógico Programable), el cual maneja y procesa las señales y datos provenientes del monitoreo e ingreso de los usuarios y eventualmente datos que provienen del PC del sistema que sirven para verificación en la PMU A/B. Este módulo permite que otros módulos superiores puedan entregar la información que requieren del sistema.
- Alcance** El módulo PLC A/B recibe los datos de los usuarios ingresados a través del módulo PMU A/B. La conexión se realiza a través del puerto de carga del PLC. También recibe las señales provenientes de los sensores del monitoreo de máquinas en las secciones A y B. Las señales de monitoreo y datos de usuarios son procesadas en el PLC y enviadas al módulo HMI, a través de los módulos Com PLC A/B, Conv 485/232 e I/O Server, quienes se encargan de adaptar las señales que van desde un sector en la empresa donde esta el PLC de las secciones A y B hasta otro sector donde esta el PC del sistema.
- Dependencias** Para que este módulo realice su tarea sin errores deben estar todos los canales de comunicación en buen estado y funcionando correctamente. En el caso de la comunicación con la PMU, la comunicación serial entre ellas debe chequearse. En el caso de la comunicación con el PC, debe asegurarse que los módulos Com PLC A/B, Conv 485/232 e I/O Server funcionen correctamente. Si cualquiera de estos tres últimos módulos falla, la tarea del PLC de proveer información al HMI será interrumpida.
- Supuestos** El bus de datos (comunicación RS-485) al cual acceden los módulos PLC A/B (a través de Com PLC A/B), PLC C (a través de Com PLC C) y Conv 485/232 debe estar en buen estado, y no deben ocurrir colisiones de datos. El suministro eléctrico es al menos igual al de la fábrica. El software en el módulo no será alterado o degradado por los usuarios del sistema. El módulo está bien resguardado de agentes ambientales dañinos.
- Restricciones** El módulo está limitado a 40 I/O digitales, de las cuales actualmente sólo se están utilizando las entradas. Las entradas están limitadas a 36 puntos. Para que el módulo pueda admitir señales análogas se debe incorporar una unidad de expansión adicional. Actualmente el PLC tiene incorporadas dos unidades de expansión: un RTC (reloj de tiempo real) y un módulo de comunicaciones (identificado como Com PLC A/B en el sistema). El PLC permite hasta 3 dispositivos de expansión, además del RTC. Los sistemas disponibles para

expansión son 2 módulos de I/O digitales, 2 módulos de I/O análogas, 3 módulos de tiempo análogo, y 1 módulo de enlace.

El PLC puede ser programado en los siguientes lenguajes: LD (Ladder Diagram), IL (Instruction List) y SFC (Sequential Function Chart). Actualmente el programa residente en el PLC para el sistema está en lenguaje LD.

Sólo se pueden cargar nuevos programas en el módulo PLC A/B desconectándolo del módulo PMU A/B, pues este último está conectado a través del puerto de carga de programas del PLC.

4 Módulo [Com PLC A/B]

4.1 Definición del Módulo

Propósito	Este módulo corresponde a un módulo de expansión del PLC. Permite que el PLC tenga una interfase RS-422 o RS-232C (para módem). Este caso se utiliza para establecer comunicación con el PLC de la Sección C y el HMI residente en el computador de monitoreo. Sin este módulo el PLC de la Sección A/B sólo podría establecer comunicación con solo un dispositivo.
Alcance	El módulo Com PLC A/B permite al módulo PLC A/B establecer comunicación con los módulos Com PLC C y Conv 485/232. Este último módulo permitirá la comunicación con el módulo HMI a través del módulo I/O Srv. El módulo Com PLC C es el equivalente a Com PLC A/B pero para el PLC C.
Dependencias	La funcionalidad de este módulo depende, por un lado de la correcta comunicación con PLC A/B, y por otro del estado del bus al cual acceden Com PLC C, Com PLC A/B y Conv 485/232.
Supuestos	El bus de datos (comunicación RS-485) al cual acceden los módulos Com PLC A/B, Com PLC C y Conv 485/232 debe estar en buen estado y no deben ocurrir colisiones de datos. El suministro eléctrico es al menos igual al de la fábrica. El módulo está bien resguardado de agentes ambientales dañinos.
Restricciones	En modo dedicado el módulo soporta Multidrop, comunicación 1:1 para protocolos LG dedicados y servicio de velocidad de enlace. En modo GMWIN permite control remoto del PLC vía protocolo GLOFA PLC. En modo Modbus permite funciones master y slave con protocolo MODBUS (ASCII y RTU). En modo user opera con el protocolo especificado por el usuario. Respecto a la estructura de datos: se utilizan 7 u 8 bit para Data Bit, 1 o 2 para Stop Bit, 1 o 2 para Stara Bit, y la paridad puede ser par, impar o ninguna. Para la sintonización utiliza un método asincrónico. Las velocidad de transmisión pueden ser 9.600, 19.200, 38.400, 56.000, 76.800, 115.200 y 128.00 bps. Los parámetros deben setearse con el software GMWIN. El máximo para el cable de conexión se de 500 [m].

5 Módulo [PMU C]

5.1 Definición del Módulo

Propósito	<p>Este módulo corresponde físicamente a una pantalla con teclado. Esta pantalla permite a los operarios de las máquinas de la sección C, presionando las teclas de la pantalla, ingresar datos tales como el código de operario (el propio), el código de máquina (en la cual trabajarán) y el código de producto (que fabricarán). Además, la pantalla despliega al final del ingreso de los datos un resumen que se podrá aceptar o modificar.</p> <p>Este módulo se conecta con el módulo PLC C.</p>
Alcance	<p>Este módulo es parte de la interfase del sistema, actúa como un dispositivo intermedio entre el usuario y el módulo PLC C, que es más interno al sistema y provee los datos ingresados por los usuarios al HMI.</p>
Dependencias	<p>El funcionamiento correcto de este módulo requiere de una comunicación sin problemas entre él y el módulo PLC C. Esta comunicación se establece entre el único puerto de comunicaciones del módulo PMU C y el puerto de carga de PLC C.</p>
Supuestos	<p>El funcionamiento del módulo supone que: el suministro eléctrico es al menos igual al de la fábrica; el software en él no será alterado o degradado por los usuarios del sistema; los usuarios colaborarán en el ingreso de los datos; y está bien resguardado de agentes ambientales dañinos.</p>
Restricciones	<p>El módulo actualmente no posee verificación de código de operario, además, permite sólo ingreso de códigos en forma manual, el despliegue en pantalla del resumen de datos ingresados es relativamente lento (tolerable para la operación normal de la fábrica) debido al tipo de comunicación entre módulos y la cantidad de módulos por los cuales debe viajar dicha información para poder ser desplegada.</p>

6 Módulo [PLC C]

6.1 Definición del Módulo

- Propósito** Este módulo corresponde físicamente a un PLC (Controlador Lógico Programable), el cual maneja y procesa las señales y datos provenientes del monitoreo e ingreso de los usuarios y eventualmente datos que provienen del PC del sistema que sirven para verificación en la PMU C. Este módulo permite que otros módulos superiores puedan entregar la información que requieren del sistema.
- Alcance** El módulo PLC C recibe los datos de los usuarios ingresados a través del módulo PMU C. La conexión se realiza a través del puerto de carga del PLC. También recibe las señales provenientes de los sensores del monitoreo de máquinas en la sección C. Las señales de monitoreo y datos de usuarios son procesadas en el PLC y enviadas al módulo HMI, a través de los módulos Com PLC C, Conv 485/232 e I/O Server, quienes se encargan de adaptar las señales que van desde un sector en la empresa donde esta el PLC de la sección C hasta otro sector donde esta el PC del sistema.
- Dependencias** Para que este módulo realice su tarea sin errores deben estar todos los canales de comunicación en buen estado y funcionando correctamente. En el caso de la comunicación con la PMU, la comunicación serial entre ellas debe chequearse. En el caso de la comunicación con el PC, debe asegurarse que los módulos Com PLC C, Conv 485/232 e I/O Server funcionen correctamente. Si cualquiera de estos tres últimos módulos falla, la tarea del PLC de proveer información al HMI será interrumpida.
- Supuestos** El bus de datos (comunicación RS-485) al cual acceden los módulos PLC A/B (a través de Com PLC A/B), PLC C (a través de Com PLC C) y Conv 485/232 debe estar en buen estado, y no deben ocurrir colisiones de datos. El suministro eléctrico es al menos igual al de la fábrica. El software en el módulo no será alterado o degradado por los usuarios del sistema. El módulo está bien resguardado de agentes ambientales dañinos.
- Restricciones** El módulo está limitado a 20 I/O digitales, de las cuales actualmente sólo se están utilizando las entradas. Las entradas están limitadas a 12 puntos. Para que el módulo pueda admitir señales análogas se debe incorporar una unidad de expansión adicional. Actualmente el PLC tiene incorporadas dos unidades de expansión: un RTC (reloj de tiempo real) y un módulo de comunicaciones (identificado como Com PLC C en el sistema). El PLC permite hasta 3 dispositivos de expansión, además del RTC. Los sistemas disponibles para

expansión son 2 módulos de I/O digitales, 2 módulos de I/O análogas, 3 módulos de tiempo análogo, y 1 módulo de enlace.

El PLC puede ser programado en los siguientes lenguajes: LD (Ladder Diagram), IL (instruction List) y SFC (sequential Function Chart). Actualmente el programa residente en el PLC para el sistema está en lenguaje LD.

Sólo se pueden cargar nuevos programas en el módulo PLC C desconectándolo del módulo PMU C, pues este último está conectado a través del puerto de carga de programas del PLC.

7 Módulo [Com PLC C]

7.1 Definición del Módulo

Propósito	Este módulo corresponde a un módulo de expansión del PLC. Permite que el PLC tenga una interfase RS-422 o RS-232C (para módem). Este caso se utiliza para establecer comunicación con el PLC de la Sección A y B, y el HMI residente en el computador de monitoreo. En este módulo el PLC de la Sección C sólo podría establecer comunicación con sólo un dispositivo.
Alcance	El módulo Com PLC C permite al módulo PLC C establecer comunicación con los módulos Com PLC A/B y Conv 485/232. Este último módulo permitirá la comunicación con el módulo HMI a través del módulo I/O Srv. El módulo Com PLC A/B es el equivalente a Com PLC C pero para el PLC A/B.
Dependencias	La funcionalidad de este módulo depende, por un lado de la correcta comunicación con PLC C, y por otro del estado del bus al cual acceden Com PLC C, Com PLC A/B y Conv 485/232.
Supuestos	El bus de datos (comunicación RS-485) al cual acceden los módulos Com PLC A/B, Com PLC C y Conv 485/232 debe estar en buen estado y no deben ocurrir colisiones de datos. El suministro eléctrico es al menos igual al de la fábrica. El módulo está bien resguardado de agentes ambientales dañinos.
Restricciones	En modo dedicado el módulo soporta Multidrop, comunicación 1:1 para protocolos LG dedicados y servicio de velocidad de enlace. En modo GMWIN permite control remoto del PLC vía protocolo GLOFA PLC. En modo Modbus permite funciones master y slave con protocolo MODBUS (ASCII y RTU). En modo user opera con el protocolo especificado por el usuario. Respecto a la estructura de datos: se utilizan 7 u 8 bit para Data Bit, 1 o 2 para Stop Bit, 1 o 2 para Start Bit, y la paridad puede ser par, impar o ninguna. Para la sintonización utiliza un método asincrónico. Las velocidades de transmisión pueden ser 9.600, 19.200, 38.400, 56.000, 76.800, 115.200 y 128.000 bps. Los parámetros se deben setear con el software GMWIN. El máximo para el cable de conexión se de 500 [m].

8 Módulo [Conv 485/232]

8.1 Definición del Módulo

Propósito	Este módulo corresponde a un conversor RS-485 a RS-232. Este módulo permite la comunicación de los PLCs en las secciones A, B y C de la fábrica, con el computador donde reside el HMI y la base de datos del sistema.
Alcance	El módulo Conv 485/232 conecta a los módulos Com PLC C y Com PLC A/B con el módulo I/O Serv. Este último módulo es el nexo entre el hardware principal del monitoreo (PLC) y el software del sistema (HMI).
Dependencias	La funcionalidad de este módulo depende básicamente de su propia vida útil y adecuada instalación. Para que funcione correctamente, no tiene mayores dependencias con otros módulos, excepto que llegue la información hasta él, para poder convertirla.
Supuestos	La alimentación e instalación del módulo es correcta.
Restricciones	Ver Data Sheet. [IC-485S].

9 Módulo [I/O Srv]

9.1 Definición del Módulo

Propósito	Este módulo corresponde a un módulo de software residente en el computador que mantiene el HMI y la Base de Datos del sistema. Este software es un servidor de entrada y salida, llamado Modbus I/O Server. Permite el intercambio dinámico de datos e instrucciones entre aplicaciones, a través del protocolo DDE. Mayores detalles en [IOServ].
Alcance	El módulo I/O Srv conecta al módulo Conv 485/232 (que a su vez conecta a los PLCs del sistema) con el módulo HMI y las otras aplicaciones de software residentes en el computador del sistema.
Dependencias	La funcionalidad de este módulo depende de su configuración y adecuada comunicación con los módulos Conv 485/232 y HMI.
Supuestos	Existe licencia actualizada del I/O Server.
Restricciones	Ver en I/O Server Data Sheet. [IOServ].

10 Módulo [HMI]

10.1 Definición del Módulo

Propósito	Este módulo corresponde a un módulo de software residente en un computador. Este software es un HMI, interfase humano máquina. El HMI del sistema recolecta los datos del monitoreo y entradas de usuario, almacena los datos de interés en una base de datos y despliega información en pantalla acerca de datos de producción relevantes a los usuarios administrativos. Además, este módulo es el proveedor de datos para los reportes de producción.
Alcance	El módulo HMI recibe y envía datos al módulo I/O Srv, para establecer una comunicación con los PLCs del sistema. También recibe datos (login y tasa de producción nominal en máquinas monitoreadas) directos de usuarios administrativos a través de una interfase gráfica. Además, proporciona y/o utiliza datos de los módulos FileSto, BDACS y RepHist.
Dependencias	La funcionalidad de este módulo depende la correcta configuración del módulo I/O Srv y la adecuada vinculación con los módulos FileSto (a través de macros), BDACS (a través de consultas SQL) y RepHist (a través de macros).
Supuestos	El computador donde reside este módulo debe poseer las licencias para Wonderware Factory Suite (In-Touch), Excel y Access. Debe tener configurada la conexión al ODBC para el almacenamiento de datos. Debe tener configurado el servidor de I/O (protocolo, velocidad, etc.). El protocolo utilizado (DDE) debe ser compatible con las aplicaciones de otros módulos del sistema. La interfase al usuario debe estar diseñada para que funcione ininterrumpidamente y sea vista sólo por los usuarios autorizados.
Restricciones	Número máximo de Tagname que soporta la licencia de In-Touch adquirida: 1KTag. Espacio en disco asociado al tamaño de la base de datos. Los usuarios no pueden modificar variables de monitoreo, a excepción de la tasa nominal de producción en las máquinas.

11 Módulo [FileSto]

11.1 Definición del Módulo

Propósito	Este módulo corresponde a un módulo de software residente en un computador. Este software es una aplicación en Excel, que ejecuta una macro que es iniciada desde el HMI, y que almacena los datos de producción para cada máquina (diariamente) en un archivo de extensión CSV. Estos datos serán utilizados para confeccionar los reportes de producción.
Alcance	Este módulo recibe información desde el módulo HMI y proporciona datos al módulo RepProd.
Dependencias	La funcionalidad de este módulo depende la correcta instalación y configuración de Excel, además de su correcto inicio desde el HMI.
Supuestos	Para que este módulo funcione correctamente, debe funcionar correctamente el módulo HMI y debe existir la licencia de Excel en el computador donde resida.
Restricciones	Espacio en disco asociado a la cantidad de archivos almacenados por máquina y por día para los períodos de operación del sistema (1 año). Los usuarios no autorizados no pueden modificar las variables almacenadas en los archivos de FileSto.

12 Módulo [BD Acs]

12.1 Definición del Módulo

Propósito	Este módulo corresponde a una base de datos Access. Esta BD posee las entidades: operarios, máquinas y productos, respecto de información general de la fábrica. Además posee otras entidades que están definidas exclusivamente para proveer de datos a los reportes históricos de producción.
Alcance	La base de datos es poblada inicialmente con los datos existentes en la empresa a la fecha de la implementación. Modificaciones posteriores se harán por el encargado del sistema en la empresa. Este módulo recibe consultas de datos desde el módulo HMI, que solicita información para la validación de códigos proveniente de los módulos PMU A/B y PMU C. El módulo RepHist realiza consultas a BD Acs para confeccionar los reportes de producción históricos.
Dependencias	La funcionalidad de este módulo depende la correcta instalación y configuración de Access. Además de un adecuado diseño, que no cree inconsistencias y permita búsquedas y/o consultas rápidas.
Supuestos	Debe existir licencia de Access en el computador donde resida. Hay respaldo de información en caso de pérdidas totales o parciales de la BD operacional. Correcta vinculación al origen de datos OBDC.
Restricciones	Cantidad máxima de datos que soporta una BD Access. Compatibilidad de Access.

13 Módulo [RepProd]

13.1 Definición del Módulo

Propósito	Este módulo corresponde a un módulo de software que genera reportes de producción a partir del monitoreo de máquinas e ingreso de datos por los operarios. Los reportes de producción informan acerca del valor de una serie de índices (tasa máxima sin detención, tasa promedio con detenciones, etc.) en las máquinas monitoreadas para un determinado día. La estructura de los reportes consiste de tres partes: una tabla dinámica con los índices de interés para el período del reporte, un gráfico dinámico con la tasa de producción de una máquina especificada por el usuario en para el período del reporte, y los datos asociados al reporte.
Alcance	Los reportes de producción son generados a partir de los módulos HMI y FileSto.
Dependencias	La funcionalidad de este módulo depende la correcta comunicación con los módulos HMI y FileSto, además de la validez de los datos proporcionados por ellos.
Supuestos	Debe existir licencia de Excel en el computador donde resida. Los datos con los cuales se confecciona el reporte sean válidos (Ver dependencias). Hay respaldo de información en caso de pérdidas totales o parciales los archivos del módulo FileSto y de la BD operacional.
Restricciones	Las de un archivo Excel.

14 Módulo [RepHist]

14.1 Definición del Módulo

Propósito	Este módulo corresponde a un módulo de software que genera reportes históricos de producción a partir de datos almacenados en la base de datos Access (entidades exclusivas para reportes históricos). Los reportes de producción históricos informan acerca de la producción de un determinado producto, en una máquina específica, y para un rango de fechas elegido por usuario. Note que el producto y máquina también pueden ser elegidos por el usuario. La estructura de los reportes consiste de una interfaz para la consulta, una tabla dinámica a modo de resumen, un gráfico dinámico con la tasa de producción, una sección para los productos defectuosos y los datos asociados al reporte.
Alcance	Los reportes de producción históricos son generados a partir de los módulos HMI y BDAs.
Dependencias	La funcionalidad de este módulo depende de la correcta comunicación con los módulos HMI y BDAs, además de la validez de los datos proporcionados por ellos.
Supuestos	Debe existir licencia de Excel en el computador donde resida. Los datos con los cuales se confecciona el reporte sean válidos (Ver dependencias). Hay respaldo de información en caso de pérdidas totales o parciales los archivos del módulo BDAs y de la BD operacional.
Restricciones	Las de un archivo Excel. Generación de reportes sólo desde la fecha de implementación del sistema.

Definiciones

AMT	[Tecnologías Avanzadas de Manufactura]
HMI	[Interfase Humano Máquina]
PLC	[Programmable Logic Controller]
BD	[Base de Datos]

Interfases de Usuario: “Sistema Ejemplo”

El HMI creado para el Sistema Ejemplo consta de nueve ventanas: una *Ventana Principal*, una ventana de *Ingreso Usuario*, tres *Ventanas de Secciones* (Sección A, Sección B y Sección C), una ventana para los *Gráficos de Producción Histórica* de cada una de las máquinas conectadas al sistema de monitoreo, otra para realizar un *Cambio de Producto*, otra para cambiar la *Escala del Gráfico Histórico* y finalmente una para acceder a los *Reportes Históricos*.

Ventana Principal:

La *Ventana Principal* del HMI permite el acceso a las tres secciones monitoreadas en la empresa. Cada dibujo en la Figura 7 referente a alguna sección, es un botón que abre una nueva ventana de la sección referenciada. Por ejemplo, al botón de sección A se le asigna la acción: Show "sección A", que significa mostrar la ventana “Sección A”.



Figura 7: Ventana Principal

Ventana Ingreso Usuario

En el costado derecho inferior de la ventana principal y las ventanas de secciones existe un botón de ingreso de usuario. Este botón permite a un usuario registrarse y modificar el tipo de producto en una máquina y la tasa nominal de la máquina. La ventana de ingreso de usuario se muestra en la Figura 8.

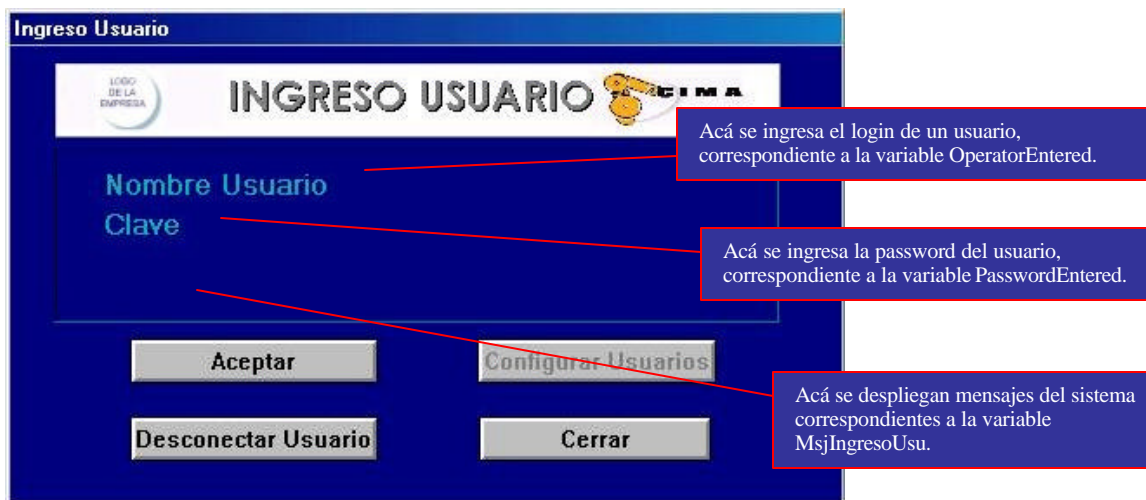


Figura 8: Ingreso de usuario

Ventana de Sección (A, B o C)

Se puede acceder a alguna de las ventanas de sección desde la ventana principal. En las ventanas de sección se despliegan variables de producción a partir del monitoreo de las máquinas en dichas secciones.



Figura 9: Ventana de Secciones

Cada máquina en la ventana de la sección correspondiente, es un Touch Link que accede a un gráfico histórico de la máquina. Cercano a cada máquina se encuentran variables que son visibles por el usuario del HMI, estas son:

- Turno(s): él o los operarios que están trabajando en la máquina [se despliega el nombre de él o los operarios].
- Tipo de Producto: Producto que se está fabricando en la máquina. [Se despliega el nombre del producto]. Usuarios autorizados pueden cambiar el tipo de producto. Ver Figura 12.
- Producción: Cantidad de producto fabricado de un mismo tipo desde que se inició su producción. [U].
- Tasa Instantánea: Cantidad de producto por hora que se fabrica en la máquina. [U/h].
- Tasa Nominal: Cantidad de producto por hora que se debiera fabricar en la máquina (dato del fabricante de la máquina. Pueden modificarlo usuarios autorizados). [U/h].
- Estado: Indica si la máquina está o no encendida. [cuadrado en rojo o verde si es que la máquina se encuentra apagada o encendida respectivamente].

Gráficos Históricos

Todas las máquinas en las tres ventanas de secciones permiten acceder a la ventana de gráfico histórico. Para acceder a esta ventana se debe hacer clic sobre la máquina de interés o presionar la tecla correspondiente al número indicador de la máquina. La Figura 10 muestra la ventana Gráfico Histórico.

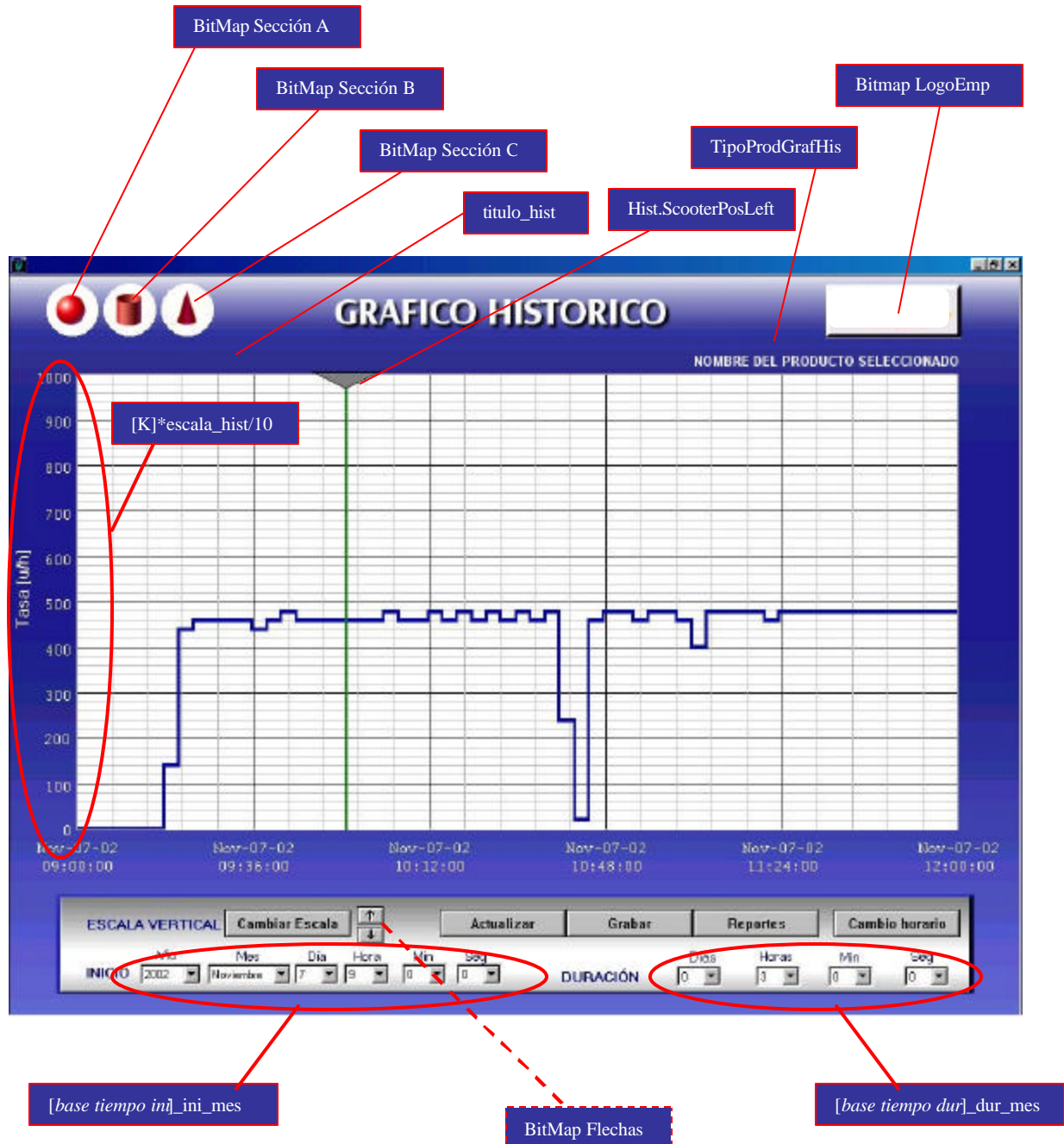


Figura 10: Gráfico Histórico

La Tabla 13 muestra los Animation Links de la ventana “Histórico” y las acciones asociadas a ellos. Mayores detalles en [ManUsr].

Animation Link	Tipo de Animation Link	Acción
BitMap Sección A	Touch Pushbuttons – Show Window	Accede a Ventana Sección A
BitMap Sección B	Touch Pushbuttons – Show Window	Accede a Ventana Sección B
BitMap Sección C	Touch Pushbuttons – Show Window	Accede a Ventana Sección C
BitMap LogoEmp.	Touch Pushbuttons – Show Window	Accede a Ventana principal
titulo_hist	Value Display - String	Despliega el nombre completo de la Máquina
Hist.ScooterPosLeft	Sliders – Horizontal	At Right End = 1 / To Right = 890 Reference Location: Left
TipoProdGrafHist	Value Display - String	–
[K]*escala_hist/10	Value Display - Analog	K toma los valores [0, 1, 2, ..., 9] según posición en la escala vertical
Hist	Historical Trend	Gráfico Histórico (producción, tasa instantánea y tasa nominal)
BitMap Cambio Escala.	Touch Pushbuttons – Show Window	Accede a Ventana Cambio Escala
BitMap flechas Arriba-Abajo	Increment/Decrement Wizard	Incrementa o Decrementa la escala del gráfico histórico
BitMap Actualizar	Touch Pushbuttons – Action	Actualiza Gráfico Histórico
BitMap Grabar	Touch Pushbuttons – Action	Grabar datos de Gráfico Histórico en archivo *.cvs.
BitMap Reportes	Touch Pushbuttons – Show Window	Accede a Ventana de Reportes
BitMap Cambio Horario	Touch Pushbuttons – Action	StartApp "control date/time"; StartApp "C:\Archivos de Programa\Internet Explorer\IEXPLORE.EXE"; SendKeys "%(a)"; SendKeys "o";
[base tiempo ini]_ini_mes	ComboBox Wizard	[base tiempo ini] puede ser año, mes, día, hora, minuto (min), Segundo (seg).
[base tiempo dur]_dur_mes	ComboBox Wizard	[base tiempo dur] puede ser día, hora, minuto (min), Segundo (seg).

Tabla 13: Animation Link Ventana HISTORICO

Cambio Escala

Esta ventana se asocia al cambio de escala del gráfico histórico. La Figura 11 muestra la ventana de cambio de escala.



Figura 11: Cambio Escala Vertical

Cambio Producto

Esta ventana se asocia al cambio de producto en las ventanas de secciones. La Figura 12 muestra la ventana de cambio de escala.

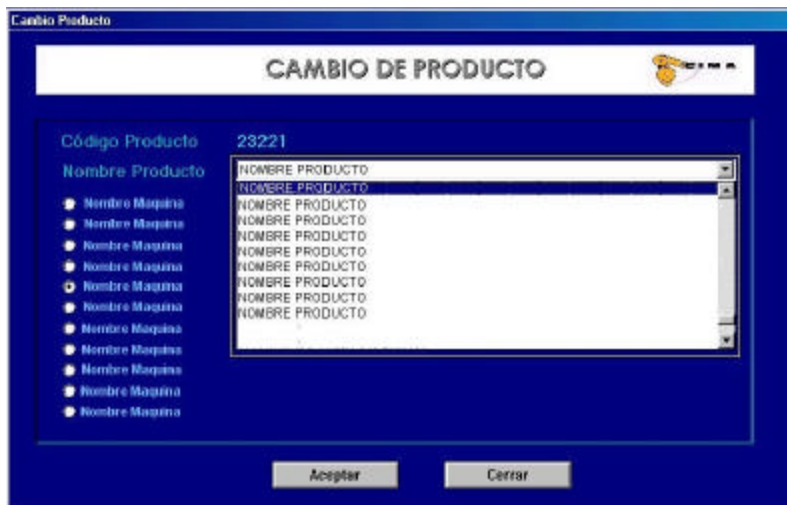


Figura 12: Cambio de Producto

Acceso a Reportes

Esta ventana se asocia al acceso a los reportes de producción. La Figura 13 muestra la ventana de acceso a reportes. Existen dos botones de acceso rápido para abrir el reporte del día (con los datos hasta ese momento) y el reporte del día anterior.



Figura 13: Acceso a reportes de producción

Reportes de Producción

Los reportes de producción son generados periódicamente a partir los datos recolectados en el sistema de monitoreo y almacenados en una base de datos Access. Estos entregan información acerca de la producción en una máquina determinada en un día determinado. Los reportes constan de tres archivos Excel. Un archivo que contiene una tabla resumen (tabla dinámica) con índices de producción y un gráfico dinámico de la tasa de producción. Otro archivo de producción histórica y finalmente un archivo con el registro de la producción defectuosa.

Tabla Dinámica

Dentro de la información entregada por el reporte se encuentran índices de producción, los cuales se detallan a continuación:

- Unidades Producidas: número de unidades producidas
- Tasa Promedio [unid/hora]: es el cociente entre las unidades producidas y el tiempo transcurrido.
- Número de Detenciones: se define como el número de veces en que la tasa de producción de la máquina bajo hasta cero.
- Tiempo Total Máquina Detenida [min]: se define como el tiempo total en que la máquina tuvo tasa de producción cero.
- Tiempo Total Máquina NO Detenida [min]: se define como el tiempo total en que la máquina tuvo tasa de producción distinta de cero.
- Tasa Promedio Sin Detenciones [unid/hora]: es el cociente entre las unidades producidas y el tiempo total máquina no detenida.
- Tasa Máxima [unid/hora]: es la máxima rapidez de producción alcanzada durante el día del reporte.

Estos índices de producción son desplegados y clasificados por Tipo de Producto y/o por Turno en una Tabla Dinámica (Figura 14). Una tabla dinámica es un informe de Excel interactivo de tablas cruzadas que resume y analiza datos, como registros de una base de datos, de varios orígenes incluidos los externos a Excel.

El ejemplo de la Figura 14 permite desplegar la información acerca de sólo un tipo de producto. Para esto se debe seleccionar un tipo de producto haciendo clic en la flecha ubicada a la derecha de la etiqueta Tipo, y luego seleccionar el producto de interés. De manera similar se pueden seleccionar los turnos y los índices que se deseen desplegar.

Gráfico Dinámico

Un gráfico dinámico representa gráficamente los datos de un informe de tabla dinámica. El gráfico dinámico del reporte (Figura 15) despliega sólo la tasa de producción de hasta tres combinaciones de tipo de producto y turno. Por ejemplo, se puede graficar en un color el turno de la mañana produciendo un determinado producto, en otro color el turno de la tarde con el mismo tipo de producto, y en el otro color el mismo turno de la tarde con otro tipo de producto. Además se puede ajustar la ventana de tiempo del gráfico, o sea, se pueden ajustar las horas de inicio y fin que muestra el gráfico.

Microsoft Excel - MGG_2002-09-06.xls

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana

T112

Turno	Datos	Tipo	General
404	Unidades Producidas	4	9139
	Tasa Promedio [unid/hora]	4	609
	Número de Detenciones	3	3
	Tiempo Total Máquina Detenida		641
	Tiempo Total Máq NO Detenida [min]		546
	Tasa Promedio Sin Detenciones [unid/hora]		604
	Tasa Máxima [unid/hora]		480
123	Unidades Producidas		045
	Tasa Promedio [unid/hora]	Aceptar Cancelar	210
	Número de Detenciones	2 0	2
	Tiempo Total Máquina Detenida	483 54	537
	Tiempo Total Máq NO Detenida [min]	258 54	312
	Tasa Promedio Sin Detenciones [unid/hora]	1191 6581	2124
	Tasa Máxima [unid/hora]	30140 103300	103300
Total Unidades Producidas			
		5122 15062	20184
Total Tasa Promedio [unid/hora]			
		626 947	609
Total Número de Detenciones			
		2 3	5
Total Tiempo Total Máquina Detenida			
		483 945	1428
Total Tiempo Total Máq NO Detenida [min]			
		258 600	858
Total Tasa Promedio Sin Detenciones [unid/hora]			
		1191 1506	1411
Total Tasa Máxima [unid/hora]			
		30140 103300	103300

Selección Tipo de Producto

Selección Índices

Selección Turnos

Tabla Resumen / Producciones Históricas / Gráfico Dinámico / Datos /

Listo NUM DESP

Figura 14: Tabla Dinámica

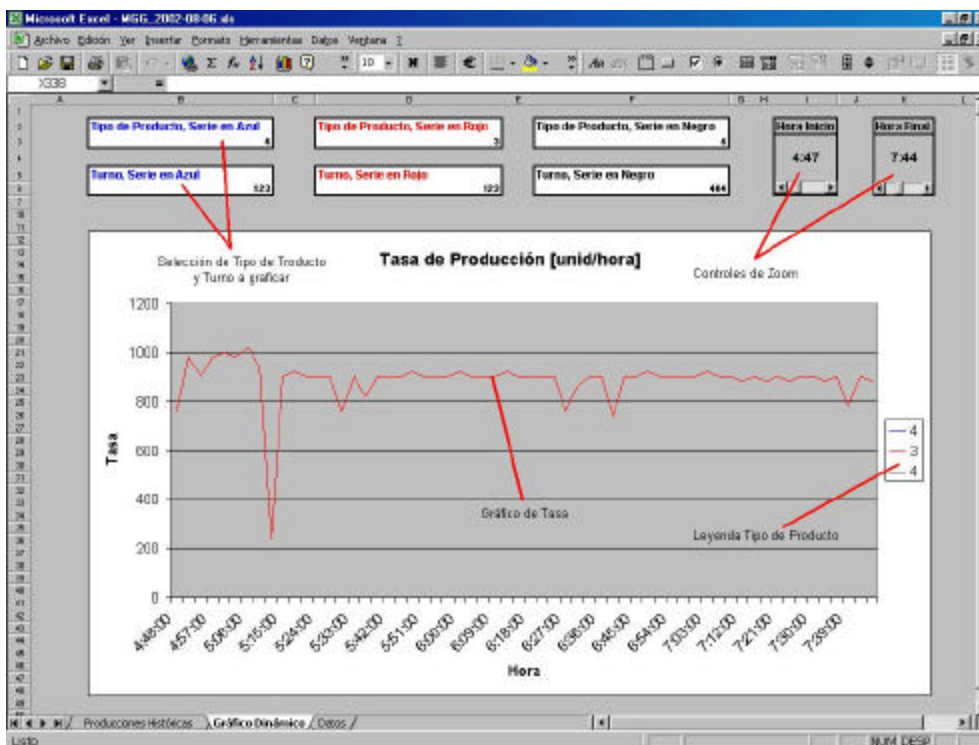


Figura 15: Gráfico Dinámico

Para graficar las combinaciones de Tipo de Producto – Turno se debe seleccionar el producto debajo de la celda **Tipo de Producto, Serie en <color>** y el nombre del operario debajo de la celda **Turno, Serie en <color>**. Si se desea ver toda la producción del día sin importar el turno o el tipo de producto, tanto en el Turno como en el Tipo de Producto se debe seleccionar **Todo**. Para ajustar la hora de inicio y fin del gráfico se deben ocupar los controles deslizantes (Controles de Zoom) Hora Inicio y Hora Final. Los tipos de productos graficados se muestran en el recuadro de leyendas.

Reportes de Producción Históricas

En cada reporte se pueden consultar producciones históricas por tipo de producto y por máquina para un determinado rango de fechas. Los datos desplegados son los siguientes:

- El código de la máquina donde se realizó la producción.
- El tipo de producto manufacturado.
- Las unidades producidas de dicho producto.
- La tasa promedio y efectiva de producción
- La fecha en que se realizó la producción.

La tasa promedio corresponde al cociente entre el número de unidades manufacturadas y el tiempo en que la máquina estuvo encendida, y la tasa efectiva al cociente entre el número de unidades manufacturadas y el tiempo en que la máquina estuvo produciendo. La muestra la interfase de consultas históricas.

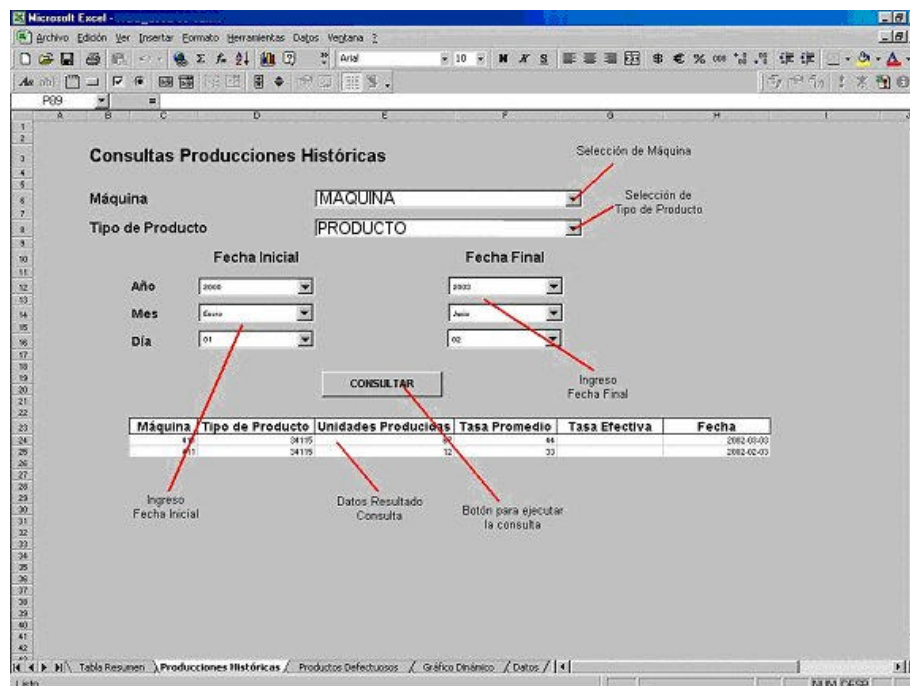


Figura 16: Reportes de Producción Históricas

La consulta requiere que se seleccione la máquina donde se realizó la producción. Para esto se debe desplegar la lista de las máquinas haciendo clic sobre el campo ubicado a la derecha de la etiqueta Máquina, luego de lo cual se debe hacer clic sobre la máquina deseada. (Nota: se pueden consultar las producciones de cualquier máquina desde cualquier archivo de reporte). También se debe seleccionar el tipo de producto que se desea consultar, realizando el mismo procedimiento anterior, sobre el campo ubicado a la derecha de la etiqueta Tipo de Producto. Además se deben ingresar el rango de fechas que se desea consultar, seleccionando el Año, Mes y Día en las secciones Fecha Inicial y Fecha Final. El ingreso de estas fechas es igual al ingreso de los dos campos anteriores. Finalmente, para ejecutar la consulta, se debe hacer clic sobre el botón CONSULTAR. El resultado de la consulta aparece debajo de los encabezados de cada campo.

Productos Defectuosos

También se puede consultar por las unidades defectuosas manufacturadas por tipo de producto y por máquina para un rango de fechas (Figura 17), mostrándose:

- El código de los operarios que operaban la máquina.
- El código de la máquina donde se realizó la producción.
- El tipo de producto manufacturado.
- Las unidades defectuosas de dicho producto.
- La fecha en que se realizó la producción.

Turno 01	Turno 02	Turno 03	Máquina	Tipo de Producto	Unidades Defectuosas	Fecha
123	0	0	411	34115	34	2002-01-01

Figura 17: consulta Productos Defectuosos

La consulta requiere que se seleccione la máquina donde se realizó la producción. Para esto se debe desplegar la lista de las máquinas haciendo clic sobre el campo ubicado a la derecha de la etiqueta Máquina, luego de lo cual se debe hacer clic sobre la máquina deseada. (Nota: se pueden consultar las producciones defectuosas de cualquier máquina desde cualquier archivo de reporte). También de debe seleccionar el tipo de producto que se desea consultar, realizando el mismo procedimiento anterior, sobre el campo ubicado a la derecha de la etiqueta Tipo de Producto. Además se deben ingresar el rango de fechas que se desea consultar, seleccionando el Año, Mes y Día de las secciones Fecha Inicial y Fecha Final. El ingreso de estas fechas es igual al ingreso de los dos campos anteriores. Finalmente, para ejecutar la consulta, se debe hacer clic sobre el botón CONSULTAR. El resultado de la consulta aparece debajo de los encabezados de cada campo.

Resultados Obtenidos

La incorporación de un sistema de Gestión de Producción en la empresa del Sistema Ejemplo, permitió conocer variables de producción que hasta ese momento sólo se estimaban. A partir de la implementación del sistema se pudo cuantificar: cuánto se fabricaba de cada producto y en cada máquina, a que velocidad, cuales son los turnos más eficientes, cuantos son los productos defectuosos, cuáles son las máquinas críticas, entre otros.

La información recolectada permitió generar reportes de producción y reportes de producción históricos. Dichos reportes entregan un resumen con índices productivos de interés, tal como la tasa promedio de producción en una máquina, considerando o no las detenciones. Estos resúmenes permiten a las personas que toman las decisiones en la empresa manejar información única y veraz que los apoya en la planificación de la producción. A nivel operativo el sistema proporciona información que permite reprogramar y coordinar la producción, haciendo más eficiente los procesos de fabricación para cada producto.

En particular, los beneficios cuantitativos que el sistema aportó en la empresa donde se implementó el Sistema Ejemplo, resultaron en un aumento del 20% en la producción y una disminución del 10% en los costos; luego de un período de tres meses después de implementado el sistema.

Trabajos Futuros

La empresa donde se implementó el Sistema Ejemplo es una empresa que manufactura productos, por ello poseer un sistema de producción optimizado es fundamental para competir en los mercados.

Desde el punto de vista del aporte que las tecnologías de información hacen a las empresas, el sistema implementado permitió aumentar la producción y disminuir los costos. Sin embargo aún pueden desarrollarse otros sistemas que se acoplen al existente, de tal forma que ayuden a aumentar la competitividad. En particular, la empresa ya contaba con un sistema de información administrativo, el cual puede fundirse con el sistema de gestión de producción. Esta última tarea, básicamente consiste en unificar los datos de ambos sistemas en una sola base de datos (distribuida o centralizada), y homogeneizar las interfaces. Una vez fundidos los dos sistemas de información existentes en la empresa, pueden incorporarse otros módulos que apoyen la planificación de la producción.

La fabricación de un producto demanda saber qué y cuántos materiales se requerirán, cuánto se demoran los proveedores en entregarlos y cuánto duran los procesos en la fábrica. Si se suma a este problema el hecho de que una fábrica no produce sólo un artículo y que cada pedido tiene una determinada prioridad, encontrar una solución eficiente para la programación de la producción implica necesariamente un alto grado de complejidad en la resolución del problema. Por ello es de gran utilidad contar con herramientas de software que apoyen en estas tareas.

Uno de los trabajos futuros interesantes para desarrollar, es implementar un sistema que aproveche los datos de los sistemas de información ya existentes en la empresa y que incorpore algoritmos que arrojen resultados respecto de cómo fabricar y cómo asignar recursos. Esto implica poseer un sistema que tome en cuenta todas las entradas de pedidos, la programación anual de producción, la demanda proyectada, los requerimientos de inventario y el monitoreo implementado, entre otros.

Desde otra perspectiva, podría desarrollarse un sistema de información en línea para los clientes y administrativos de la empresa. Un sistema de compra en línea, seguro y atractivo sería una plataforma que ayudaría a sobresalir a la empresa ante los competidores. Un sistema de información en línea para los administrativos, permitiría ahorrar costos de comunicación (excluyendo el uso de Internet) entre personal operando en diferentes puntos del país.

Desde el punto de vista mecánico se pueden desarrollar trabajos para automatizar algunos de los procesos que actualmente se realizan en forma manual en la fábrica, esto implicará probablemente crear áreas de transferencia automáticas. Como consecuencia, aumentarán las tasas de producción y podrá asegurarse la calidad de los procesos y productos.

Otro aporte involucra la definición formal de los parámetros y configuraciones para los productos y procesos, de tal forma que pueda medirse lo estándar (definición formal) respecto de lo real (a partir del sistema implementado) para que el análisis de las variaciones permita corregir los productos o sistemas de trabajo. Esto permite obtener eficiencia, y con ello competitividad.

Referencias

- [Krist01] Kristianpoller R., Werner D., "Modelo general de evaluación económica de implementar manufactura de tecnología avanzada (AMT) en PYMES nacionales", 2001.
- [FondA99] Proyecto Fondef Reformulado D99I1091, "Introducción de Tecnologías Avanzadas de Manufactura (AMT) en la Industria Metalmecánica Nacional", 1999.
- [McFa99] Mc Fadden, Hoffer, Prescott. "Modern Database Management". 5ta Edición, Addison Wesley, 1999.
- [Pres97] Roger S. Pressman, "Ingeniería del Software: Un enfoque práctico". 4ª Edición. Mc.Graw-Hill, 1997
- [ManUsr] Manual del Usuario de Sistema de Monitoreo Wesser S.A. Centro Integrado de Manufactura y Automatización. UTFSM. 2002.
- [IOServ] Sitio referencia I/O Server implementado en Sistema Ejemplo.
<http://www.wonderware.com/products/connectivity/ioservers/>
- [IC-485S] Sitio referencia Conversor RS-232 / RS-485 del Sistema Ejemplo.
<http://www.gramjuhl.dk/ic485si.pdf>