

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas

SECCION DE POS GRADO



INTEGRACION DE PROCESOS EN UNA PLANTA INDUSTRIAL

TESIS

PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE MAESTRO

EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN:

INGENIERIA DE SISTEMAS

WALTER OSCAR CASTELLANOS PANTOJA

LIMA - PERU

2008

DEDICATORIA

“A la memoria de mi padre”

“A mi madre, a mi esposa e hijas, por comprenderme y animarme en todo momento”

AGRADECIMIENTO

“Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a mi asesor, el profesor Mg. Alberto Un Jan Liau Hing, al MBA. Aldo Darío Canales Bernal y al Dr. George Félix Power Porto, por el aporte invaluable al compartir sus conocimientos y sugerencias”.

**“INTEGRACIÓN DE PROCESOS EN UNA PLANTA
INDUSTRIAL”
INDICE**

RESUMEN	xii
INTRODUCCIÓN	1
<u>CAPÍTULO I. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</u>	3
1.1.	<u>LAS NECESIDADES DE INFORMACIÓN</u>	3
1.2.	<u>OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</u>	5
1.2.1.	OBJETIVO GENERAL.....	5
1.2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
1.3.	<u>JUSTIFICACIÓN</u>	6
1.4.	ALCANCE.....	6
1.5.	<u>METODOLOGÍA</u>	7
<u>CAPÍTULO II. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE MANUFACTURA</u>	10
2.1.	<u>DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MANUFACTURA</u>	10
2.2.	<u>CONFIGURACIONES PRODUCTIVAS</u>	12
2.2.1.	PRODUCCIÓN EN MASA.....	12
2.2.2.	PRODUCCIÓN EN LOTE.....	13
2.2.3.	PRODUCCIÓN EN TALLER DE TRABAJO.....	14
2.2.4.	SISTEMA DE MANUFACTURA FLEXIBLE.....	15
2.3.	<u>LAS OPERACIONES EN MANUFACTURA</u>	17
2.3.1.	ALMACENAMIENTO Y RECUPERACIÓN DE MATERIALES.....	17
2.3.2.	PROCESAMIENTO Y ENSAMBLAJE.....	18
2.3.2.1.	<u>Procesamiento básico</u>	19

2.3.2.2	<u>Procesamiento secundario</u>	19
2.3.2.3.	<u>Agregado de valor a las propiedades físicas</u>	20
2.3.2.4.	<u>Operación final.</u>	20
2.3.2.5.	<u>Ensamblaje.</u>	20
2.3.3.	TRANSPORTE.	21
2.3.4.	CONTROL.....	22
2.3.5.	INSPECCIÓN Y PRUEBAS.....	23
2.4.	<u>INDICADORES DE DESEMPEÑO.</u>	23
2.4.1.	CAPACIDAD.....	24
2.4.2.	TIEMPO DE PROCESO.....	24
2.4.2.1.	<u>Tiempo de espera</u>	25
2.4.2.2.	<u>Tiempo de inicialización.</u>	26
2.4.2.3.	<u>Tiempo de proceso</u>	26
2.4.2.4.	<u>Tiempo de movimiento.</u>	27
2.4.3.	DISPONIBILIDAD.....	27
2.4.4.	PRODUCTIVIDAD.....	28
2.4.5.	FLEXIBILIDAD.....	29
2.4.6.	CALIDAD.....	30
2.4.7.	INVENTARIO EN PROCESO.....	32
2.4.8.	EFICIENCIA.....	33
2.5.	<u>ANÁLISIS DE LA EMPRESA</u>	34
2.5.1.	ANÁLISIS DEL PROCESO, TECNOLOGÍA Y FUNCIONES.....	34
2.5.2.	ANÁLISIS DEL FLUJO DE OPERACIONES.....	39
2.5.3.	ANÁLISIS DE TIEMPO DE PROCESO.....	41
2.5.4.	ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA DE INFORMACIÓN.....	41
<u>CAPÍTULO III. ESTRATEGIA PARA LA INTEGRACIÓN.</u>		45
3.1.	<u>FORMULACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE INTEGRACIÓN.</u>	45
3.1.1.	INTEGRACIÓN DE PÁGINAS WEB.....	49
3.1.2.	OBJETOS COMPONENTES.....	49
3.1.3.	ALMACENAMIENTO DE DATOS.....	51
3.1.4.	ARQUITECTURA CLIENTE / SERVIDOR.....	51
3.1.4.1.	<u>Aplicaciones de dos capas.</u>	51

3.1.4.2.	<u>Aplicaciones de tres capas</u>	54
3.1.4.3.	<u>Aplicaciones multicapa</u>	56
3.1.5.	PROCESAMIENTO DISTRIBUIDO.....	58
3.2.	<u>METODOLOGÍAS DE MODELAMIENTO DE LOS PROCESOS</u>	60
<u>CAPÍTULO IV. DESARROLLO DEL SISTEMA</u>		64
4.1.	<u>MODELO DE REQUERIMIENTOS</u>	64
4.2.	<u>MODELO DE CASOS DE USO</u>	66
4.2.1.	ACTORES.....	66
4.2.1.1.	<u>Jefe de ventas</u>	66
4.2.1.2.	<u>Jefe de almacén</u>	66
4.2.1.3.	<u>Jefe de producción</u>	66
4.2.1.4.	<u>Ingeniero de proceso</u>	66
4.2.1.5.	<u>Operador</u>	68
4.2.1.6.	<u>Ingeniero de control de calidad</u>	68
4.2.1.7.	<u>Jefe de mantenimiento</u>	68
4.2.1.8.	<u>Técnico de mantenimiento</u>	68
4.2.1.9.	<u>Contador</u>	68
4.2.1.10.	<u>Gerente de Producción</u>	69
4.2.2.	CASOS DE USO.....	69
4.2.2.1.	<u>Registrar orden de compra</u>	69
4.2.2.2.	<u>Registrar cliente</u>	70
4.2.2.3.	<u>Registrar artículos</u>	70
4.2.2.4.	<u>Atender orden</u>	70
4.2.2.5.	<u>Registrar orden de producción</u>	71
4.2.2.6.	<u>Registrar producto</u>	71
4.2.2.7.	<u>Especificar producto</u>	72
4.2.2.8.	<u>Atender orden de producción</u>	72
4.2.2.9.	<u>Controlar proceso</u>	72
4.2.2.10.	<u>Registrar hoja de ruta</u>	73
4.2.2.11.	<u>Operar máquina</u>	73
4.2.2.12.	<u>Ejecutar orden de producción</u>	74

4.2.2.13.	<u>Controlar calidad</u>	74
4.2.2.14.	<u>Registrar control de calidad</u>	75
4.2.2.15.	<u>Planificar mantenimiento</u>	75
4.2.2.16.	<u>Registrar equipo</u>	76
4.2.2.17.	<u>Ejecutar tareas</u>	76
4.2.2.18.	<u>Atender orden</u>	77
4.2.2.19.	<u>Controlar costos</u>	77
4.2.2.20.	<u>Registrar costos</u>	78
4.2.2.21.	<u>Comparar y relacionar indicadores</u>	78
4.2.2.22.	<u>Revisar tendencias</u>	79
4.3.	<u>MODELO DE ANÁLISIS</u>	81
4.3.1.	<u>ACTORES</u>	82
4.3.1.1.	<u>Jefe de ventas</u>	82
4.3.1.2.	<u>Jefe de almacén</u>	82
4.3.1.3.	<u>Ingeniero de proceso</u>	85
4.3.1.4.	<u>Ingeniero de mantenimiento</u>	85
4.3.1.5.	<u>Operador</u>	85
4.3.1.6.	<u>Programador de OT</u>	85
4.3.2.	<u>CASOS DE USO</u>	85
4.3.2.1.	<u>Registrar cliente</u>	85
4.3.2.2.	<u>Registrar artículo</u>	87
4.3.2.3.	<u>Registrar Orden de compra</u>	89
4.3.2.4.	<u>Registrar proceso</u>	94
4.3.2.5.	<u>Registrar orden de producción</u>	96
4.3.2.6.	<u>Consolidar Orden de producción</u>	99
4.3.2.7.	<u>Administrar la comunicación</u>	100
4.3.2.8.	<u>Registrar equipo</u>	102
4.3.2.9.	<u>Registrar tarea</u>	104
4.3.2.10.	<u>Registrar repuesto</u>	105
4.3.2.11.	<u>Registrar OT</u>	107
4.3.2.12.	<u>Generar OT</u>	113
4.3.2.13.	<u>Consultar indicadores</u>	114

4.3.3.	PAQUETES DEL ANÁLISIS.....	114
CAPÍTULO V.	DISEÑO DEL SISTEMA.....	118
5.1.	<u>INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN</u>	118
5.1.1.	MEDIDOR INDUSTRIAL.....	118
5.1.2.	ESTACIÓN DE CONTROL DE PROCESOS.....	119
5.1.3.	EL SERVIDOR OPC.....	121
5.2.	<u>MODELO DE IMPLEMENTACIÓN</u>	122
5.3.	<u>MODELO DEL SISTEMA</u>	123
5.3.1.	IMPLEMENTACIÓN DE CLASES.....	123
5.3.1.1.	<u>Cliente</u>	123
5.3.1.2.	<u>Artículo</u>	124
5.3.1.3.	<u>Orden artículo</u>	125
5.3.1.4.	<u>Orden de compra</u>	125
5.3.1.5.	<u>Proceso</u>	126
5.3.1.6.	<u>Orden proceso</u>	127
5.3.1.7.	<u>Orden Valor real</u>	128
5.3.1.8.	<u>Orden de producción</u>	128
5.3.1.9.	<u>Equipo</u>	129
5.3.1.10.	<u>Repuesto</u>	130
5.3.1.11.	<u>Orden repuesto</u>	131
5.3.1.12.	<u>Tarea</u>	131
5.3.1.13.	<u>Orden tarea</u>	132
5.3.1.14.	<u>Orden de trabajo</u>	133
5.3.1.15.	<u>Rendimiento</u>	134
5.3.1.16.	<u>Interfaz OPC</u>	135
5.3.2.	INTERFACES DEL SISTEMA DE SOFTWARE.....	137
5.3.2.1.	<u>Interfaz visual de Orden de compra</u>	137
5.3.2.2.	<u>Interfaz visual de Orden artículo</u>	138
5.3.2.3.	<u>Interfaz visual de orden de producción</u>	139
5.3.2.4.	<u>Interfaz visual de Orden proceso</u>	140
5.3.2.5.	<u>Interfaz visual de orden de trabajo</u>	140
5.3.2.6.	<u>Interfaz visual de Orden repuesto</u>	141

5.3.2.7.	<u>Interfaz visual de Orden tarea</u>	142
5.3.2.8.	<u>Interfaz visual Servidor OPC</u>	143
5.3.2.9.	<u>Interfaz visual Propiedades del Servidor OPC</u>	144
5.3.3.	PAQUETES DEL SISTEMA	144
5.3.3.1.	<u>Servicio de usuario</u>	145
5.3.3.2.	<u>Servicio del negocio</u>	145
5.3.3.3.	<u>Servicio de datos</u>	146
5.3.3.4.	<u>Paquete órdenes de compra</u>	146
5.3.3.5.	<u>Paquete órdenes de producción</u>	147
5.3.3.6.	<u>Paquete órdenes de trabajo de mantenimiento</u>	149
5.3.3.7.	<u>Paquete de control de procesos</u>	150
5.3.4.	DIAGRAMA DE COMPONENTES	150
5.3.5.	DIAGRAMA DE DESPLIEGUE	151
5.4.	RESULTADOS EXPERIMENTALES	152
<u>CAPÍTULO VI. PLAN DE EJECUCIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO</u>		161
6.1.	<u>ACTIVIDADES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO</u>	161
6.2.	<u>RECURSOS</u>	164
<u>CAPÍTULO VII. EVALUACIÓN DE LA INVERSIÓN Y BENEFICIOS ESPERADOS</u>		166
7.1.	<u>ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN</u>	166
7.1.1.	ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN EN HARDWARE	166
7.1.2.	ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN PARA EL DESARROLLO DEL SOFTWARE	167
7.1.3.	RESUMEN DE LA INVERSIÓN	168
7.2.	ANÁLISIS COSTO / BENEFICIO	168
<u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>		174
	<u>CONCLUSIONES</u>	174
	<u>RECOMENDACIONES</u>	176
<u>GLOSARIO DE TERMINOS</u>		178
<u>BIBLIOGRAFIA</u>		183

<u>ANEXOS</u>	189
<u>ANEXO N° 1: RELACIÓN DE FIGURAS.</u>	190
<u>ANEXO N° 2: RELACIÓN DE CUADROS.</u>	194
<u>ANEXO N° 3: ESTRUCTURA DEL SERVIDOR INGEAR</u>	195

DESCRIPTORES TEMÁTICOS

1. Arquitectura multicapa.
2. Integración de procesos.
3. FMS.
4. KPI.
5. Orden de trabajo.
6. Orden de producción.
7. RUP.
8. OPC .
9. TPM.
10. UML.

RESUMEN

En el presente trabajo se presenta una propuesta para la integración de los procesos de planta y administración de una empresa de manufactura del sector metal mecánico, a través de la utilización de tecnología OPC. Se incluye el desarrollo de un modelo, interfaz de usuarios, reglas del negocio y servicios de datos, así como la especificación de equipamiento, que permita disponer en tiempo real de información oportuna y confiable, mejorando la calidad y oportunidad de las decisiones que se tomen en los distintos niveles de gestión de la empresa.

Se intenta abarcar toda la empresa, esto es, todos los niveles del negocio, lugares geográficos, funciones y procesos de tal manera que la solución también sea integral y coherente con el enfoque sistémico.

La propuesta además pretende servir como referencia para la aplicación de la metodología utilizada a otras empresas del sector industrial, que con variantes propias de cada caso particular comparten situaciones problemáticas similares

ABSTRACT

In this work is presented a proposal for the integration of administration and plant processes of a mechanical metal sector manufacturing company, through use of the OPC technology. The development of a model is included, the user's interfaces, business rules and data services as well as the equipment specification that allow to get opportune and reliable information in real time, improving the quality and opportunity to making decisions in the different levels of the company management.

It is tried to embrace the whole company, which means, all levels of the business, geographic places, the functions and the processes in a such way that the solution is also integral and coherent with the system focus too.

The proposal also tries to serve as a reference to the application of the used methodology for another industrial sector companies, which with own variants of every particular case they share similar problematic situations.

INTRODUCCIÓN

La globalización y el constante desarrollo de la economía mundial ofrecen una amplia gama de oportunidades para empresas en países emergentes como el Perú, pero también imponen nuevos retos y desafíos que requieren la aplicación de nuevas tácticas y la formulación de estrategias empresariales para alcanzar la excelencia operacional, como condición necesaria para aumentar la rentabilidad de la empresa.

En efecto, las funciones de producción, finanzas y administración de las empresas han sido globalizadas por medio de los avances tecnológicos, de una manera tal, que han llevado a la apertura de mercados que antes estaban cerrados y también a la integración económica y financiera a través de las fronteras. La globalización exige pues, que la empresa adopte una estrategia con una definición clara de objetivos y metas a alcanzar; ésta estrategia también exige un alto compromiso de la gerencia para lograr los resultados deseados frente a una alta competitividad producida por la integración de los mercados.

Entre los nuevos métodos, sistemas y tácticas requeridas por la economía global se puede considerar el diseño e implementación de programas de gestión de calidad y la mejora continua de los procesos, la adopción de una cultura empresarial que comprenda las necesidades de sus clientes y exceda sus expectativas, el diseño de nuevas estructuras de organización que concuerden con la estrategia de la empresa en el contexto global y una cultura empresarial que fomente el trabajo mediante equipos de todos los

niveles, operacional, gerencial y estratégico, aprovechando el uso de nuevas tecnologías, considerando además la información como un recurso corporativo.

CAPÍTULO I

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. LAS NECESIDADES DE INFORMACIÓN.

En la actualidad las necesidades del negocio cambian constantemente debido a que el ambiente corporativo es intensamente competitivo. Por esta razón, las empresas requieren que los mecanismos de generación de información proporcionen además de la información corriente de la empresa, pautas necesarias para obtener ventajas sobre sus competidores [Porter, 2002]. La aplicación de este criterio puede traer como consecuencia que las necesidades de información se incrementen continuamente y generen un cambio constante en los requerimientos de software.

Estas necesidades cambiantes han obligado a que las tendencias en los negocios de software también se alineen hacia los objetivos de la empresa, sin embargo en muchos casos podemos encontrar que los mecanismos de generación de información de las áreas administrativas y los de la planta en empresas de manufactura funcionan en forma independiente, y en algunos casos estos últimos ni siquiera existen. Comprobar esta deficiencia puede resultar sorprendente en muchos casos, pues los administradores de negocios no pueden hacer una evaluación de los indicadores de desempeño del negocio [Kaplan, 2001] que normalmente manejan o que deberían manejar, ya sea en los niveles de operación, gerencial o estratégico porque no tienen acceso a éstos. Bajo esta situación, realmente la empresa no podrá reaccionar ante situaciones imprevistas como si fuera un sistema

nervioso digital [Gates, 2000], el mismo que incluya los procesos administrativos y de operaciones de la empresa como un todo.

Es así que nace la necesidad de la integración de los procesos administrativos con los procesos de manufactura [Groover, 2007], esta integración puede establecerse mediante uso de nuevas tecnologías, software comercial, y los protocolos de comunicación que permitan construir una arquitectura capaz de prolongarse hacia el exterior, para enlazarse con clientes y proveedores y así establecer relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor.

Actualmente, debido a la globalización, existe una tendencia para que los equipos se fabriquen sobre normas comunes o estándares industriales [ISO, 1996], de modo que éstos pueden interconectarse entre sí en una arquitectura abierta (OSI). Sin embargo, un sistema integrado no consiste solamente en la interconexión de los sistemas existentes y futuros, a través de una red de área local para los sistemas administrativos y buses de campo [Siemens, 2002] para los procesos de manufactura.

Las redes resuelven el problema básico de interconexión, proporcionan servicios de acceso a recursos de la red, y permiten la sincronización de operaciones. Sin embargo, la empresa además necesita interactuar con información relevante del proceso como son los indicadores de desempeño operacional o parámetros provenientes del campo que otras ya están explotando mediante tecnologías modernas como Redes Neuronales [Rajagopalan 1996], Data Mining (minería de datos) y el Modelamiento Topológico Basado en Casos [Shindo, 2003].

El presente trabajo presenta como caso de estudio el escenario de una empresa del sector metal mecánico dedicada al diseño, manufactura y comercialización de bombas centrífugas, tanto para el mercado local como para el mercado internacional. En la actualidad la empresa, si bien cuenta

con sistemas de información del área administrativa, estos no están conectados con los equipos y sistemas de planta que generan información relevante del proceso, los cuales en algunos casos ni siquiera existen. El problema radica en que no ha existido una visión sistémica para la generación de información, observando que se ha otorgado mayor importancia a los sistemas de información del área administrativa, desaprovechando el uso de nuevas tecnologías disponibles.

1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.2.1. OBJETIVO GENERAL.

El objetivo del presente trabajo es formular la estrategia para la integración de procesos de planta y administración de la empresa mediante el uso de tecnología OPC (OLE para control de procesos), de modo que éstas respondan a las necesidades de flujo de información y faciliten las soluciones empresariales individualizadas.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Elaborar un modelo para la integración de procesos de administración y de planta de la empresa, utilizando una metodología de desarrollo de aplicaciones acorde con las necesidades reales de la empresa y que se deriven del análisis de los procesos de la misma.
- Desarrollar un prototipo que permita la integración de procesos de planta y de administración utilizando tecnología OPC.
- Formular un plan para la integración de procesos de planta y de administración de la empresa.
- Crear una cultura de valores compartidos para visualizar a la información como un recurso corporativo, componente de un

sistema, ya sea que ésta provenga de procesos administrativos o de planta.

1.3. JUSTIFICACIÓN.

Las funciones de producción, finanzas y administración de las empresas han sido globalizadas por medio de los avances tecnológicos, por lo tanto la diferencia estará en la manera de administrar la información. De la forma en que la empresa administre y use la información dependerá su éxito o en caso contrario llegar a casos críticos de gestión. La tecnología de información entonces, jugará un rol importante en la gestión de la información y una adecuada utilización de ésta, ya sea que provenga del área administrativa o del área de operaciones (generalmente no tomada en cuenta), garantizará un proceso continuo y oportuno para la toma de decisiones.

Como caso de estudio representativo se ha considerado a una empresa del sector metal mecánico, por su presencia continua en el mercado durante los últimos 40 años, y que le ha permitido posicionarse dentro del ranking de las 10 empresas exportadoras más importantes del sector metal mecánico del país [Prompex, 2006]. Por lo tanto, cualquier mejora en sus procesos y en la gestión de éstos puede ser referida por otras empresas del sector.

1.4. ALCANCE.

En el presente trabajo se intenta abarcar toda la empresa, esto es, todos los niveles del negocio, funciones y procesos de tal manera que la solución también sea integral y coherente con el enfoque sistémico. Para este propósito se efectúa un análisis de la situación actual de los procesos de operación y de gestión de la empresa definiendo luego las necesidades para la integración de todas las áreas. Se considera además, la formulación de la estrategia de integración y la definición de la estructura de los sistemas de información de planta y administración.

La propuesta además pretende servir como referencia para la aplicación de esta metodología a otras empresas del sector industrial, que con variantes propias de cada caso particular comparten situaciones problemáticas similares.

1.5. METODOLOGÍA.

Mediante la utilización de herramientas disponibles, el lenguaje unificado de modelado UML y el proceso unificado de desarrollo de aplicaciones, se establecerá el modelo para la empresa, de modo que éste posibilite la creación de un marco de referencia, que represente el problema dominio del sistema y dentro del cual pueda elaborarse mayor detalle.

El proceso unificado de desarrollo de aplicaciones, está basado en la construcción de una arquitectura por capas que soporta la programación orientada a objetos para la comunidad cliente/servidor. El mismo permite la creación de aplicaciones grandes y complejas, y está orientado a la construcción de una aplicación, en la cual es posible aislar la interfaz de usuario y la base de datos del dominio del problema que se está modelando. Esto posibilita la creación de un conjunto de aplicaciones basadas sobre un juego común de componentes que puede crecer fácilmente, puede ser distribuido en toda la empresa y es de fácil mantenimiento.

La estrategia para la integración de los sistemas de planta y administración a través de la tecnología OPC incluye la implementación de un modelo, interfaces de proceso y de usuarios, así como la especificación de equipamiento, permitirá disponer en tiempo real de información oportuna y confiable, mejorando la calidad y oportunidad de las decisiones que se tomen en los distintos niveles de gestión de una empresa de manufactura. Se intenta lograr una solución que sea integral y coherente con el enfoque sistémico.

En primer lugar se efectúa un análisis de la situación actual de los procesos de operación y de gestión de la empresa definiendo luego las necesidades para la integración de las áreas de la empresa. La formulación de la estrategia de integración y la definición de la estructura de los sistemas de planta y administración también es incluida.

Se considera el análisis de casos de uso que incluyen a las áreas administrativa y de planta para demostrar la factibilidad de la metodología sugerida, fomentando el trabajo mediante equipos de todos los niveles incluyendo el operacional, gerencial y estratégico.

El presente trabajo de investigación se ha organizado de la siguiente manera: en el presente capítulo se muestran los antecedentes para el caso de estudio. En el Capítulo II se revisan algunos conceptos fundamentales de los sistemas de manufactura y se definen las necesidades de información de la empresa. La estrategia para la integración se presenta en el Capítulo III. El Capítulo IV muestra los resultados del modelo de análisis y diseño de los sistemas. En el Capítulo V se presenta un prototipo desarrollado a partir del modelo utilizando la notación UML para el sistema de software de la empresa, el mismo que incluye información del área administrativa y de planta.

En el Capítulo VI se presentan las fases de desarrollo del sistema en su conjunto, mientras que en el Capítulo VII se presenta el análisis de beneficios esperados.

Finalmente se exponen las conclusiones y recomendaciones de este trabajo de investigación.

La propuesta además pretende servir como referencia para la aplicación de esta metodología a otras empresas del sector industrial, que con variantes

propias de cada caso particular comparten situaciones problemáticas similares.

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE MANUFACTURA

2.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MANUFACTURA.

Un sistema de manufactura es aquel que está estructurado a través de un conjunto de actividades y procesos relacionados, necesarios para obtener a partir de materia prima un producto final de alto valor agregado para el cliente, con el empleo de tecnologías de fabricación que incluyen diversos campos de ingeniería.

La forma en la que las actividades son realizadas, la interconexión entre las mismas, su sincronización, y la utilización de los métodos de mejora continua cada vez más eficientes para su ejecución, determinarán la calidad del producto.

Los recursos humanos utilizados, son distribuidos de una manera racional en las diferentes áreas, y es así que dependiendo de la aplicación, son utilizados en el diseño del producto, en la operación de equipos, en el acarreo de materiales y otros. En la actualidad, existe una tendencia hacia la automatización de muchas de las tareas manuales y como consecuencia se eleva el rol del operador al de supervisor.

En la industria, podemos encontrar sistemas de manufactura manuales, y otros parcial o completamente automatizados. Dependiendo del grado de automatización, podemos encontrar sistemas altamente dedicados o muy flexibles. En general, estos sistemas adoptan diferentes configuraciones

productivas en torno al proceso de conversión y/o transformación de un conjunto de entradas (materiales, recursos humanos, tecnología, energía, etc.) en salidas (bienes y servicios) para satisfacer las necesidades, los requerimientos y las expectativas de las partes interesadas

La configuración productiva puede ser muy sofisticada, pero también altamente flexible y la elección de la misma determina si un sistema en particular, es un sistema de producción en masa, producción por lotes, taller de trabajo o sistema de manufactura flexible.

Es posible elaborar un modelo genérico para un sistema de manufactura [Vialardi, 2002], tal como se muestra en la figura 2.1.

Como puede observarse, además de la producción de las piezas terminadas o el producto final de calidad que satisface las especificaciones de ingeniería, también se produce material de desecho o las mermas. Esto es inevitable en un proceso de manufactura, especialmente en el sector metal mecánico.

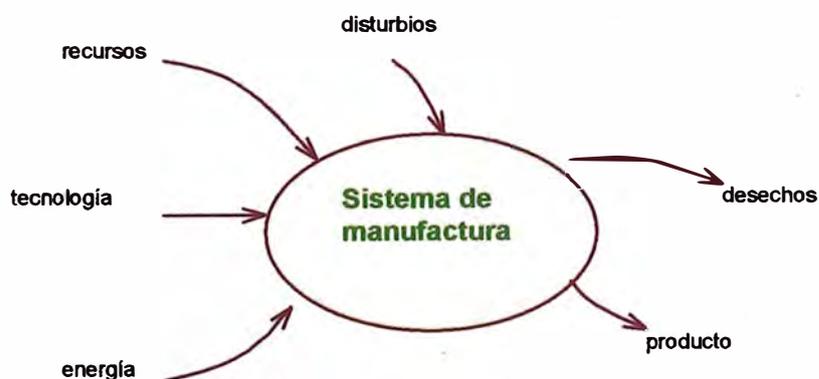


Figura 2.1 Sistema de manufactura.

Los desechos son ocasionados por el uso de recursos que no le agregan valor al producto, por productos rechazados durante la inspección o por el uso de herramientas gastadas.

Además, existen otras entradas al sistema de manufactura que son importantes y que en muchos casos pueden ser determinantes para lograr la excelencia operacional. Así tenemos por ejemplo la que considera las perturbaciones o disturbios del sistema, entre las que se puede mencionar la competencia, las regulaciones gubernamentales, fluctuaciones en el mercado, fallas de equipos, problemas laborales y en general situaciones altamente aleatorias. La otra entrada considera la gestión de los recursos en los diferentes niveles de decisión, respecto a los productos fabricados, compra de equipos, diseño de planta, secuencias, programación de partes, carga de materiales, etc.

2.2. CONFIGURACIONES PRODUCTIVAS.

Los procesos de manufactura incluyen una serie de operaciones y la manipulación de diferentes productos, de manera que pueden adoptar también diferentes configuraciones productivas. Sin embargo, es posible encontrar la siguiente clasificación basada en la cantidad de productos y en los volúmenes de producción:

2.2.1. PRODUCCIÓN EN MASA.

Es utilizado para fabricar un producto o una familia limitada de productos en volúmenes muy elevados. Considera el diseño del producto muy estable, con frecuencia un producto genérico. Las líneas de producción se caracterizan por tener una tasa muy alta de producción y un alcance reducido, ya que están dedicadas a producir un producto en particular y en forma continua. Cada máquina y equipo están diseñados para realizar siempre la misma operación y preparados para recibir de forma automática las partes suministradas por la máquina precedente, de modo que el flujo material es continuo

sincronizado e integrado a través de toda la instalación como si fuera un gran proceso tecnológico. Los equipos utilizados para este caso, son de propósitos específicos y no es requerido un nivel de capacitación alto de los operadores.

Esta configuración sugiere un flujo continuo y considera una producción dedicada o poca variabilidad de productos. Un flujo continuo de materia prima involucra un flujo continuo a través de una serie de operaciones secuenciales que transforman la materia prima en producto final.

La dificultad de esta configuración, es que se requiere una inversión inicial muy alta que posibilite la adquisición de líneas completamente automatizadas y especializadas en la obtención de un producto estándar, donde la homogeneidad sea total y absoluta, funcionando continuamente con mínima intervención del personal. Muchas veces es necesario operar durante las 24 horas del día para que se considere como un sistema eficiente.

La producción en masa de un pequeño rango de productos produce una economía de escala, mientras que los bajos volúmenes de producción de una amplia gama de productos, genera la llamada economía de alcance.

2.2.2. PRODUCCIÓN EN LOTE.

Esta configuración considera la manufactura de lotes de tamaño mediano que pueden ser producidos en intervalos regulares o que pueden ser producidos solo una vez. Produce menos variedad de producto en volúmenes más elevados que el caso de taller de trabajo. El mayor volumen se debe a un aumento en ciertos artículos repetitivos que se hacen dominantes.

En este caso se requieren más operaciones, y éstas son más especializadas. Por esta razón, el trabajo se divide en diferentes etapas, en las cuales los lotes son sometidos a distintas operaciones. Así la instalación se suele dividir en secciones o talleres, que agrupan equipos con funciones similares (taller de máquinas, taller de reparación de piezas, etc.).

El flujo material no es continuo, pero es regular y variable de un pedido a otro, aunque existen patrones de flujo para familias de productos y para grandes lotes, es la configuración más utilizada.

En la configuración por lotes, los equipos de manufactura son mayormente flexibles y de propósitos genéricos y están diseñados para altas tasas de producción. Estudios realizados demuestran que el 75% de toda la producción en lote considera lotes de 50 piezas o menos, por lo que la producción en lote y taller constituyen una importante porción de la actividad de manufactura.

La planta puede tener una tasa de producción mayor a la tasa de demanda, ya que el tamaño de lote, así como la frecuencia de producción de un determinado artículo, son establecidos por la estrategia adoptada por la empresa, y en especial por el área de mercadeo.

2.2.3. PRODUCCIÓN EN TALLER DE TRABAJO.

La principal característica de la configuración de taller de trabajo (Job Shop) es su bajo volumen de producción, debido a que se fabrican muchos productos diferentes en volúmenes que varían entre la unidad y pocas unidades de cada producto. Su aplicación en la industria está mayormente orientada al sector metal mecánico.

En la producción de taller de trabajo se intenta obtener un producto a medida del cliente, sin embargo, su flexibilidad debe permitir procesar una amplia variedad de órdenes pequeñas (volumen bajo de producción y alta variabilidad), por lo que el equipo en general debe ser flexible y de propósito general, de modo que permita esta variedad de trabajo. En este tipo de configuración se requiere que los trabajadores sean altamente calificados.

En general, no existe un patrón para la producción, el flujo material es irregular y varía considerablemente de un pedido a otro. Además, es necesaria la interpretación del diseño y de las especificaciones del producto, así como la aplicación de capacidades del alto nivel en el proceso de conversión, de parte de la empresa de manufactura.

Esta configuración es altamente ineficiente, ya que se produce un tiempo de espera largo, un alto tiempo en proceso y altos costos. Esto se debe a que la ejecución de una orden para un artículo, usualmente involucra operaciones en diferentes máquinas y en muchos casos solo una pieza a la vez, es la que está en movimiento.

Las herramientas utilizadas en la configuración de taller son de propósitos generales y las máquinas tienen que ser inicializadas para que produzcan un determinado artículo. El tiempo para inicializar un trabajo en particular puede ser largo, además los productos tienen un desarrollo muy laborioso, con tiempos muy elevados que causan un costo también elevado. En la configuración de taller de trabajo, se puede observar que partes diferentes siguen diferentes caminos a través de diferentes máquinas.

2.2.4. SISTEMA DE MANUFACTURA FLEXIBLE.

Un sistema que reúne las principales características de las configuraciones productivas descritas anteriormente recibe el nombre

de sistema de manufactura flexible FMS (Flexible Manufacturing System). Este es un sistema integrado muy complejo de dispositivos y máquinas de control numérico CNC (Computer numerical control) que pueden procesar simultáneamente una gama reducida de variaciones de piezas, e implica una planificación y desarrollo a largo alcance, debido a su elevada complejidad y costos.

Se emplea comúnmente en situaciones en las que no pueden utilizarse sistemas de producción en línea de flujo más simples y baratos. Por lo general, se desarrolla en un entorno de manufactura integrada por computador CIM (Computer Integrated Manufacturing), [Hannam, 1997]. Esta configuración relativamente moderna ha sido diseñada para alcanzar una alta eficiencia, utilizando los principios de flexibilidad de los talleres de trabajo y el volumen de producción de la tecnología de producción en flujo.

El FMS ofrece por otra parte costos de manufactura reducidos en comparación con los métodos de fabricación tradicionales, así como una inversión menor de capital y mayor flexibilidad que los sistemas de automatización rígida. El FMS brinda además un tiempo de inicialización relativamente más rápido y una calidad más consistente en comparación con otras configuraciones.

En la figura 2.2 se muestra un gráfico en el que se puede observar el volumen de producción en función de la variabilidad del producto para las diferentes configuraciones de manufactura descritas anteriormente.

Los sistemas de manufactura flexible no son adecuados cuando los volúmenes de producción son altos y la variabilidad es baja o viceversa.

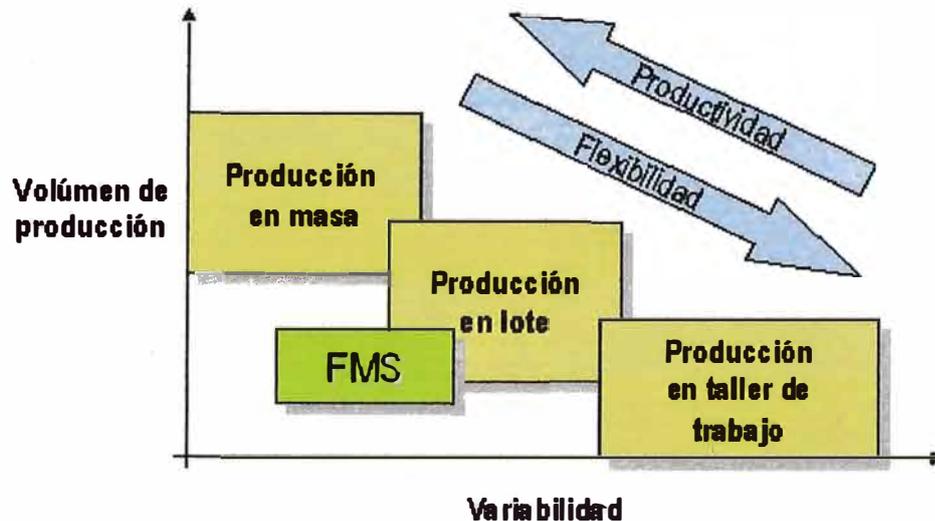


Figura 2.2 Volumen de producción y variabilidad de producto.

2.3. LAS OPERACIONES EN MANUFACTURA.

Independientemente de la tecnología empleada, existen ciertas operaciones básicas que deben ser ejecutadas para convertir la materia prima en producto final. Estas incluyen el almacenamiento y recuperación de materiales, procesamiento y ensamblaje, transporte, control e inspección y pruebas.

2.3.1. ALMACENAMIENTO Y RECUPERACIÓN DE MATERIALES.

Los sistemas de almacenamiento y recuperación AS/RS (Automated storage and retrieval systems) son conformados por un grupo de equipos tales como fajas transportadoras, robots y en algunos casos vehículos guiados automáticamente AGV (Automatically guided vehicles) que permiten disponer los productos en celdas de almacenamiento con precisión.

En la figura 2.3 se muestra un sistema de almacenamiento y recuperación automatizado AS/RS.



Figura 2.3 Sistema de almacenamiento y recuperación automatizado AS/RS.

Fuente: ASRS

La disminución de la cantidad de movimientos durante el proceso, con la mínima distancia de recorrido, se consigue solo mediante una adecuada distribución de planta en un sistema de manufactura. Es necesario considerar la distancia que debe moverse un elemento desde su posición de almacenamiento hasta la estación de maquinado, para que sea procesado con el mínimo tiempo de transporte.

En los procesos de manufactura existe también una tendencia para reducir el inventario en proceso, los desechos y mejorar la calidad. Esto se logra con la utilización de un sistema de acarreo de materiales con respuestas rápidas para evitar embotellamientos.

2.3.2. PROCESAMIENTO Y ENSAMBLAJE.

Las operaciones de procesamiento y ensamblaje son aquellas que agregan valor al producto. Durante el procesamiento se modifica la forma, se suministra energía, calor o elementos químicos al producto

y en el ensamblaje se agregan partes nuevas o componentes que han sido procesadas previamente.

Las operaciones de procesamiento pueden ser clasificadas de la siguiente manera:

2.3.2.1. Procesamiento básico.

Considera las operaciones que dan forma básica o una forma elemental a la materia prima utilizada, tal como elaboración de formas geométricas y selección de metales.

2.3.2.2. Procesamiento secundario.

Considera las operaciones para dar la forma geométrica final a una pieza, como es el caso del prensado, torneado y fresado.

En muchos casos se puede encontrar que en los sistemas de manufactura, los materiales que son procesados, requieren más tiempo en su manipulación y almacenamiento que en el procesamiento mismo. Por esta razón la manipulación de materiales puede ser sustituida mediante la utilización de máquinas de control numérico CNC que procesen una parte de la pieza y posteriormente, mediante cambios de herramientas, éstas puedan hacer otro tipo de proceso sobre la misma pieza en vez de que sea transportada a otra estación.

En la figura 2.4 se muestra una máquina CNC en la que puede observarse una torre con múltiples herramientas.



Figura 2.4 Maquina CNC

Fuente: Mazak

2.3.2.3. Agregado de valor a las propiedades físicas.

Considera los cambios en las propiedades físicas del material y no en la forma, quedando preparado para la operación final. Este es el caso del tratamiento térmico, entre otros.

2.3.2.4. Operación final.

Es el proceso final de la operación. El propósito es mejorar el acabado de la pieza para que luego pueda ser ensamblada, si así es el caso.

2.3.2.5. Ensamblaje.

Es el proceso de unión de partes. Aunque existe una amplia gama de métodos que se usan para mantener dos piezas ensambladas, podemos considerar la seguridad con hilos, por remache o enganche, por encaje y por costura. También el método de unión básica, que considera a todos los métodos de soldadura que existen para unir dos piezas.

2.3.3. TRANSPORTE.

El medio de transporte de materiales mas utilizado lo constituyen las fajas transportadoras. Podemos encontrar diferentes tipos de sistemas de transporte de materiales, ya sea si el material viaja por una ruta fija o una ruta flexible, si el equipo trabaja en el piso o suspendido en el techo y finalmente si el equipo es manual o automático.

En la figura 2.5 se muestra un mecanismo de transporte de rodillos.



Figura 2.5 Transportadora de rodillos

Fuente: Arcs & Sparks

También existen sistemas síncronos en los que toda la carga en movimiento se mueve a la misma velocidad, tal es el caso de las fajas transportadoras. Aún cuando tienen una ruta fija, se pueden encontrar en una gran variedad de formas. Frente a estos se encuentran los asíncronos, en los que la carga se mueve independientemente a diferentes velocidades. Entre las ventajas que poseen, se puede mencionar la operación independiente de la mano de obra y además, pueden combinarse con otros sistemas de acarreo de materiales,

entre los que se encuentran los robots manipuladores y los robots móviles o vehículos guiados automáticamente AGV.

El robot, el cual es un dispositivo industrial capaz de mover materiales de una posición a otra dentro de un sistema de manufactura sin intervención humana, es también un mecanismo de transporte. Aún cuando las definiciones de un robot varían, el robot puede ser definido como un dispositivo multifuncional, reprogramable, diseñado para manipular y transportar partes, herramientas o realizar una tarea específica. En la figura 2.6 se muestra un robot manipulador articulado.



Figura 2.6 Robot manipulador articulado

Fuente: Kuka

2.3.4. CONTROL.

El control en manufactura incluye la regulación de los procesos individuales así como la gestión de las actividades de la planta en general. La función del control es lograr el mejor comportamiento bajo el peor escenario, es decir minimizar la máxima desviación producida

por los cambios en el sistema y obtener un desempeño adecuado de los procesos de acuerdo con el diseño de planta. Este involucra el uso eficiente de recursos, equipos, movimiento y acarreo de materiales, programación y otros a un costo mínimo.

2.3.5. INSPECCIÓN Y PRUEBAS.

La inspección y las pruebas son consideradas como parte del control de calidad. El término inspección se refiere a la actividad de examinar el producto para determinar si éste cumple con las especificaciones de diseño y los estándares internacionales.

El proceso de la inspección consiste en tomar medidas de los valores de las características de un producto y verificar si coinciden con las especificadas como estándares. Los resultados son utilizados para evaluar la calidad del producto en relación con el diseño y las pruebas son utilizadas para verificar los aspectos funcionales del producto.

2.4. INDICADORES DE DESEMPEÑO.

La evaluación de un sistema de manufactura se puede establecer a partir de un conjunto de indicadores de desempeño claves KPI (Key performance indicators), que permiten determinar la aproximación del sistema a los objetivos previstos para el mismo. La variabilidad de productos, la reducción de costos y el tiempo de entrega pueden ser logrados solo si se eliminan o se minimizan las actividades que no agregan valor al producto; como es el caso la manipulación de materiales, inspección, almacenamiento, inventario, reproceso, falla de máquinas, escasez, garantía y reclamo de clientes.

Los KPI de un sistema de manufactura, son:

Capacidad

Tiempo de proceso

Disponibilidad

Productividad

- Flexibilidad
- Calidad
- Inventario en proceso
- Eficiencia

2.4.1. CAPACIDAD.

El indicador de capacidad o capacidad de una planta C , se define como la máxima salida posible del proceso de transformación que una planta determinada es capaz de procesar, es decir la cantidad máxima de productos n_m en un tiempo de ciclo específico t . En procesos continuos, se considera un período de 24 horas al día o 7 días a la semana, mientras que para una planta de manufactura la capacidad es definida sobre un turno.

$$C = \frac{n_m}{t} \quad (2.1)$$

Usualmente cuando la salida no es homogénea, o la variabilidad de productos es alta, se pueden usar las horas de maquina disponible como una medida de la capacidad.

2.4.2. TIEMPO DE PROCESO.

Durante el proceso de transformación de la materia prima en productos terminados, también se ejecutan algunas operaciones que no agregan valor. Es recomendable eliminar o reducir al mínimo el tiempo empleado en este tipo de operaciones, durante todo el proceso. El tiempo de proceso es el tiempo requerido por un artículo en el sistema de manufactura, existiendo dos variantes de éste: el tiempo de proceso propiamente dicho t_m y el tiempo total para la manufactura t_t .

El tiempo de proceso t_m de un producto es el tiempo total requerido para procesar un producto a través de una planta de manufactura.

El tiempo total t_t de un producto es el tiempo total desde el instante en el cual las materias primas son ordenadas hasta el instante que el producto es entregado.

En condiciones ideales t_m debe ser igual al tiempo utilizado para la operación de la máquina y el ensamblaje de un artículo. Sin embargo, esto solo se consigue si se dispone de un diseño previo, un plan de producción y disponibilidad de herramientas; cuando existe disponibilidad de materia prima y el tiempo de manipulación es cero; si los componentes de un producto ya han sido fabricados, si no existe inventario en proceso o acarreo de materiales, tiempo de inicialización de máquinas, defectos y tampoco paradas imprevistas.

Aún cuando estas condiciones son ideales, para lograr la mayor eficiencia en la manufactura, es deseable alcanzar una reducción máxima del t_m . Para analizar el t_m en detalle, se pueden considerar los siguientes componentes:

- Tiempo de espera.
- Tiempo de inicialización.
- Tiempo de proceso.
- Tiempo de movimiento.

2.4.2.1. Tiempo de espera .

Cuando una pieza nueva llega a una máquina o a un mecanismo de transporte, y tiene que esperar hasta que todas las piezas precedentes sean procesadas se origina un tiempo de espera. La longitud de la cola es proporcional a la cantidad de productos en proceso. Aún cuando en muchos casos, las operaciones son realizadas con eficiencia y a una alta

velocidad lográndose un tiempo de duración corto, un producto puede quedar esperando en la cola por horas, días e incluso semanas antes de ser procesado.

2.4.2.2. Tiempo de inicialización.

Es el tiempo de preparación que necesita una máquina que produce un lote de un tipo de producto, para comenzar a producir otro lote con otro tipo de producto. Incluye la programación, cambio de herramientas y la preparación del área de trabajo.

La reducción del tiempo de inicialización, tiene un efecto notable en el rendimiento de un sistema de manufactura, ya que aumenta la flexibilidad y reduce el tiempo en proceso t_i . Los tiempos de inicialización bajos son la base de la filosofía justo a tiempo JIT (Just in time).

El tiempo de inicialización es considerado desde el momento en que un nuevo lote empieza a ser procesado, por consiguiente existirá un costo de inicialización asociado a éste. Para minimizar el tiempo y el costo de inicialización, un lote de productos debe ser siempre procesado después de una única inicialización.

2.4.2.3. Tiempo de proceso.

Es el tiempo requerido por el producto en las operaciones en que el sistema de producción le agrega valor. La reducción de los tiempos innecesarios para efectuar los cambios, hace posible la producción económica de pequeños lotes.

2.4.2.4. Tiempo de movimiento.

Es el tiempo requerido para transportar las piezas o componentes de un producto. Se considera un movimiento a aquel que ocurre dentro de máquinas, entre estaciones o entre varios procesos interconectados para el producto dentro de una fábrica.

La producción en lotes pequeños implica un mayor número de movimientos entre las máquinas para el mismo tipo de producto final. Un sistema de acarreo de materiales se considera óptimo, si puede ejecutar un gran número de entregas de pequeñas cargas en tiempos cortos.

El tiempo de transporte puede ser reducido considerablemente utilizando máquinas de control numérico computarizado CNC, las cuales cambian sus herramientas automáticamente y son capaces de procesar una gran variedad de productos. Esta reducción también se consigue modificando el diseño de la planta, de modo que todas las máquinas necesarias para fabricar una familia determinada de artículos, se ubiquen próximas unas a otras y en una correcta secuencia de producción.

El tiempo de transporte además, puede ser reducido utilizando mecanismos de transporte, tales como fajas transportadoras, elevadores y vehículos guiados automáticamente AGV que puedan hacer más rápidas las entregas.

2.4.3. DISPONIBILIDAD.

Otro indicador que tiene gran importancia en el desempeño de un sistema, es el que considera las paralizaciones de las máquinas debido a fallas. Debido a que los sistemas de manufactura son

instalados con altos costos, es recomendable una alta productividad, maximización de la efectividad de máquina y una alta tasa de retorno.

Si la efectividad de una máquina en planta es superior al 85% se puede decir que la máquina está operando eficientemente [Nakajima, 1991]. La disponibilidad d es la medida adecuada para los sistemas que se encuentran bajo fallas con respecto al tiempo de carga o tiempo disponible t_d . La confiabilidad y la disponibilidad son medidas del porcentaje de inactividad o del tiempo de parada t_p de las máquinas con respecto al tiempo de operación t_o .

$$d = \frac{t_o}{t_d} = \frac{t_d - t_p}{t_d} \quad (2.2)$$

Estudios de mantenimiento productivo total TPM (Total productive maintenance) consideran ideal una disponibilidad superior al 90%.

2.4.4. PRODUCTIVIDAD.

Este indicador representa el volumen de producción del sistema o cantidad de artículos procesados n por unidad de tiempo y generalmente se expresa como una tasa de producción horaria o diaria (número de partes producida por hora o por día).

También puede utilizarse la inversa de productividad o tasa de producción, que es el tiempo de producción por unidad de producto. En el caso de los talleres de trabajo, la productividad puede ser considerada como el número de unidades que produce la estación por día o por hora.

Asociado a este indicador está la tasa de velocidad de operación τ_o , que es la relación entre el tiempo de ciclo teórico t_c y el tiempo de ciclo t_a actual.

$$\tau_o = \frac{t_c}{t_a} \quad (2.3)$$

La tasa de operación neta τ_n es la relación entre el tiempo de proceso actual t_m y el tiempo de operación t_o .

$$\tau_n = \frac{n \times t_a}{t_o} = \frac{t_m}{t_o} \quad (2.4)$$

2.4.5. FLEXIBILIDAD.

Un sistema flexible es aquel que es capaz de responder a los cambios o disturbios y la flexibilidad es su habilidad para responder efectivamente a tales perturbaciones, ya sean internas o externas. Las perturbaciones internas incluyen paradas imprevistas de equipos, variaciones en los tiempos de proceso, ausentismo de personal y problemas de calidad. Los cambios externos, consideran cambios de diseño, de demanda, etc.

La habilidad para hacer frente a los cambios internos requiere el incremento de la disponibilidad o disminución de fallas en el sistema, de otro lado para manejar cambios externos se requiere que el sistema sea versátil y capaz de producir una amplia variabilidad de productos, con un mínimo de cambios y costos de un producto a otro.

El tiempo para procesar una orden y la variabilidad de productos que pueden ser producidos, tendrán un efecto sobre la competitividad.

También esta flexibilidad proveerá una ventaja estratégica para hacer frente a riesgos asociados con las ventas.

Un sistema de manufactura puede tener varios grados de flexibilidad, dependiendo de la versatilidad del equipo y de la forma en que éste es operado. En general un alto grado de flexibilidad requiere altos niveles de automatización y una alta inversión.

La flexibilidad f de una máquina es una noción compleja y puede ser expresado en términos de una función de pertenencia que depende del tiempo de inicialización t_i , del número de operaciones que la máquina puede ejecutar v y de los rangos de ajuste r de la misma.

$$f = w_t \frac{\min_j [t]}{t} + w_v \frac{v}{\max_j [v]} + w_r \frac{r}{\max_j [r]} \quad (2.5)$$

2.4.6. CALIDAD.

La calidad de un producto es la medida de la satisfacción de las expectativas de los clientes en relación con las especificaciones técnicas y tolerancias. Para mantener una alta calidad, se requiere un control eficiente, tanto en el diseño, como en la manufactura misma, ya que el cliente espera siempre un producto de valor que tenga relación con el precio que paga por éste. Esto obliga a la empresa de manufactura a cumplir con las demandas intrínsecas y funcionales de los clientes, las cuales dependen de calidad de los materiales, así como de la integridad del proceso de manufactura.

La calidad puede medirse en función de la tasa de calidad τ_c o razón de productos sin defectos n_s con respecto al total de productos n producidos:

$$\tau_c = \frac{n_s}{n} \quad (2.6)$$

El control de la calidad total TQD (Total quality development) considera el principio de calidad en la fuente, lo cual significa que cualquier error podría ser detectado y corregido en el lugar donde el trabajo fue realizado, en contraste con el principio general que se trata de una revisión por inspección estadística.

El control de calidad en la fuente provee una rápida realimentación para disminuir los defectos, por esta razón el operario y el supervisor de producción, son responsables de la calidad y cualquier problema en el proceso debe ser corregido inmediatamente.

Como consecuencia de esta realimentación, se consigue una disminución inmediata de horas de reproceso y de materiales de desecho, así como una mejora en la calidad de los productos finales. Los productos de calidad en este caso, no son necesariamente más caros ya que realmente se incrementa la productividad debido a que los costos innecesarios, tales como reproceso, no conformidades, inspecciones, retornos y garantías son evitados con la mejora de calidad.

Las técnicas modernas para mejora de la calidad, consideran el efecto de las variaciones en tiempo real de las condiciones de manufactura, sobre el producto. Así por ejemplo, el modelamiento topológico basado en casos TCBM (Topological case based modeling) crea un modelo para predecir la salida en función de las variables de proceso (presión, temperatura, etc) y en función del error se corrigen las variables de entrada [Shindo, 2003].

Por lo tanto, una alta calidad y bajos costos pueden ser obtenidos. La calidad es un componente fundamental para la competitividad, por esta razón se considera ideal una tasa de calidad de productos superior al 99%.

Aún cuando el término confiabilidad puede tener un doble significado en el contexto de manufactura, en este caso se refiere al cumplimiento de las tolerancias en el diseño, la manufactura y el ensamblaje del producto, que le permitan funcionar en forma correcta.

2.4.7. INVENTARIO EN PROCESO.

Existen diferentes tipos de inventario: inventario de materia prima, de productos en proceso, de productos terminados e inventarios de materiales y suministros.

El inventario de productos en proceso se define como la cantidad de productos semiterminados existentes en una planta, es decir que están en proceso o están en espera para ser procesados. El inventario tradicional es considerado como parte de los productos en proceso y muchas veces sirven para manejar en forma segura el retardo de suministros, las paralizaciones no deseadas y las órdenes de los clientes imprevistas.

El tiempo empleado en el manejo de inventarios t_i representa una inversión para la empresa, sin embargo muchas de éstas prefieren su utilización, que resulta en altos costos cuando los periodos de tiempos son largos.

Las tendencias actuales proponen que la producción de artículos se efectúe sólo cuando estos son requeridos y consideran el inventario como algo negativo, como la evidencia de un inadecuado diseño,

como una deficiente coordinación, proyecciones erróneas, y/o mala operación del sistema de manufactura.

Una medida aproximada del t_i se obtiene multiplicando la tasa de producción de un producto en la planta por el tiempo que el artículo toma en el proceso. Un t_i bajo es ideal si el número de partes esperando es igual al número de partes en proceso. Esto asegura que las máquinas no estén inactivas y que se mantenga un bajo inventario.

$$t_i = n \times \tau_n \times t_a = n \times \frac{t_R}{t_o} \times t_a \quad (2.7)$$

2.4.8. EFICIENCIA.

La eficiencia es generalmente medida en términos de utilización de máquinas. Por esta razón, la constante búsqueda de la eficiencia, promueve el uso de supervisores en la planta para que mantengan a las máquinas en operación continua y como consecuencia se producen partes no programadas, pero que serán utilizadas en el futuro. En estos casos una alta utilización de las máquinas se considera buena, ya que amortiza rápidamente la inversión realizada, mientras que el tiempo de inactividad se considera perjudicial por el alto precio pagado en la adquisición de los equipos y máquinas.

El rendimiento ε es el producto de la tasa de operación neta τ_n por la tasa de velocidad de operación τ_o .

$$\varepsilon = \tau_n \times \tau_o \quad (2.8)$$

$$= \frac{n \times t_a}{t_o} \times \frac{t_c}{t_a} = \frac{n \times t_c}{t_o} \quad (2.9)$$

Estudios de mantenimiento productivo total TPM consideran ideal una eficiencia del rendimiento superior al 95%.

La eficiencia operacional o efectividad global puede ser expresada en función de la disponibilidad, eficiencia del rendimiento y la tasa de calidad del producto, tal como se indica:

$$\xi = d \times \varepsilon \times \tau_c \quad (2.10)$$

2.5. ANÁLISIS DE LA EMPRESA.

La empresa presentada como caso de estudio es una empresa de manufactura representativa del sector metal mecánico, la cual inicia sus operaciones y obtiene un gran éxito en la industria pesquera con la fabricación de bombas centrífugas para mantenerse en los últimos años con una presencia notable en el mercado nacional, ampliando además sus ventas al mercado internacional.

2.5.1. ANÁLISIS DEL PROCESO, TECNOLOGÍA Y FUNCIONES.

Actualmente aporta alrededor del 3% de las exportaciones al sector metal mecánico, y está considerada entre las 10 empresas más importantes del país [Prompex, 2006], teniendo sus principales clientes en mercados como Estados Unidos, Suiza, Italia, España, Alemania, entre otros.

En el cuadro 2.1 se muestra el monto de las exportaciones en los últimos años, la variación y su contribución al sector metal mecánico.

Año	Monto	Var.	Cont.
2000	2,281	-25,2%	2,50%
2001	2,791	22,4%	1,81%
2002	3,060	9,6%	2,5%
2003	3,361	9,8%	3,45%
2004	3,893	15,8%	2,5%
2005	5,274	35,4%	3,0%

MONTO EN MILES DE U.S.\$
FUENTE: PROMPEX - GERENCIA
SECTOR MANUFACTURAS
DIVERSAS
ELABORACION: PROPIA

Cuadro 2.1 Monto de las exportaciones de la empresa.

En la figura 2.7 podemos observar una tendencia creciente en las exportaciones, a partir del año 2000.



Figura 2.7 Tendencia en las exportaciones.

Para revertir la caída de las ventas locales, la empresa ha decidido centrar sus operaciones en el mercado externo, destinando mayor volumen de su producción (alrededor del 60%) a Estados Unidos y Europa. Se estima que para el presente período, la empresa podría crecer entre 5% y 8% en sus exportaciones, debido al abastecimiento

de equipos para el bombeo de agua y desagüe en las ciudades de diversos países.

Asimismo con el fin de reducir los costos de producción en la fabricación de las bombas centrífugas, se estarían reduciendo los costos de procesos de fundición y fabricación.

Luego de un análisis preliminar y utilizando un enfoque sistémico, podemos observar que la empresa, puede ser definida como una empresa de la industria de manufactura que se encuentra en actividad en un mercado globalizado y puede ser considerado como un sistema abierto y dinámico que tiene como misión el diseño, manufactura y comercialización de bombas centrífugas para el mercado nacional e internacional de manera que por esta manufactura, el sistema proporcione la mejor contribución posible al éxito empresarial, una empresa basada en la calidad de sus productos. Este éxito permitirá la generación y maximización de las utilidades a mediano y largo plazo.

Para lograr sus objetivos la empresa ejecuta una serie de funciones, tales como el aprovisionamiento, manufactura y venta, combinando los factores productivos según criterios de eficiencia y calidad. Estas funciones fundamentales están acompañadas por las funciones de gestión administrativa y mercadeo.

La organización, los procesos, la moderna tecnología y los recursos humanos influyen en el éxito de la empresa. En el ámbito local la empresa compite con otras del sector, sin embargo muchas de éstas no le dan mucha importancia a los indicadores descritos anteriormente, especialmente en tecnología no existe un nivel competitivo, además en cuanto a insumos se opta en la mayoría de los casos por los precios más bajos.

También el almacenaje de la competencia es precario. En cuanto a la administración de recursos humanos los servicios de capacitación por ejemplo son poco apreciados.

La globalización y competitividad requieren también de la empresa, una estrategia empresarial con una clara visión de metas y objetivos a alcanzar. Esta estrategia también exige un alto compromiso de la alta gerencia para lograr los resultados deseados bajo una creciente competencia generada por la integración de los mercados y que obliga a que realice innovaciones técnicas y comerciales para mantener la calidad de sus productos.

La empresa, además está obligada al acatamiento de las regulaciones legales y contractuales. Sus innovaciones y las marcas que comercializa, nacionales e internacionales, están protegidas por leyes de propiedad de patentes. Mantiene alianzas estratégicas con empresas extranjeras para la comercialización de bombas de diferentes marcas.

En la figura 2.8 se muestra el modelo de la empresa usando un enfoque sistémico.

La dirección de la empresa ha definido la política de calidad asumiendo su compromiso en materia de calidad fijando los siguientes objetivos:

- Reducción de tiempos de re procesos.
- Mejoras en los productos existentes.
- Disminución en el tiempo de los ajustes en la producción relativos a compras.

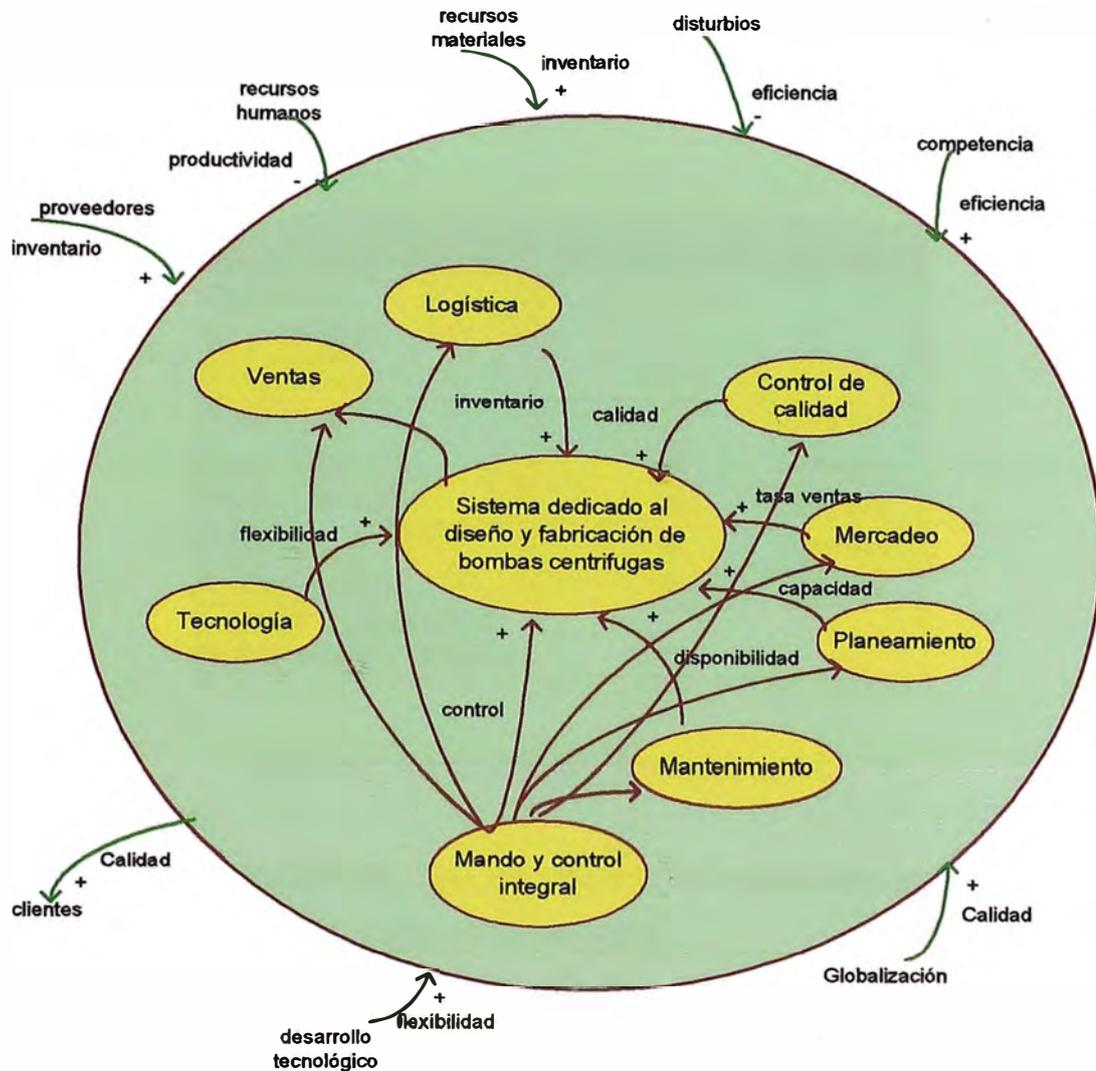


Figura 2.8 Modelo de la empresa.

- Satisfacer la necesidad de capacitación de personal, previa evaluación.
- Observar y mantener registros para el sistema de gestión la calidad ISO 9001:2000
- Disminución en el tiempo de los reclamos de garantías.

Actualmente se registra un 17% de no conformidades y 2% de rechazos al mes.

En el cuadro 2.2 se muestran los indicadores de desempeño (KPI) de la empresa.

Indicador	Valor	Unidad	Comentario
Capacidad	100	Tn/mes	
Disponibilidad	100	%	
Productividad	25	Kg/hh	
Flexibilidad	3	Tn	Menor
Continuidad	95	%	Estimado
Produc. en masa	20	%	Estimado
Produc. en lotes	75	%	Estimado
Produc. en taller	5	%	Variable
FUENTE: LA EMPRESA ELBORACION : PROPIA			

Cuadro 2.2 Indicadores de desempeño.

Durante el análisis se han encontrado los siguientes problemas que pueden afectar las metas de la empresa:

- Los procedimientos actuales de adquisición, procesamiento y distribución de información en los niveles operacional, gerencial y estratégico de la empresa no están completamente automatizados.
- Los sistemas de procesamiento de datos de planta no se comunican con los de administración.
- Maquinaria y equipo de producción presentan deterioro.
- Equipos de medición y control obsoletos

2.5.2. ANÁLISIS DEL FLUJO DE OPERACIONES.

- El proceso productivo comprende fundamentalmente el preparado de almas, moldeado, fundición mecanizado y acabados.

Durante el proceso de preparación de almas los moldes de madera elaborados de acuerdo al diseño del producto, se llenan desde una maquina mezcladora con arena, sílice y resina, formándose un molde compacto que se endurece con anhídrido carbónico.

En la etapa de moldeado se elabora la parte negativa del molde que viene a ser la parte exterior del alma. Esta última es la parte positiva del molde. Los moldes son enviados al área de fundición, donde se encuentra el horno de fundición. Este es un horno eléctrico de inducción, en el que por medio de aplicación de ondas de alta frecuencia a una bobina contenida en un crisol, se obtiene el hierro líquido a partir de chatarra. Desde el crisol se vierte el hierro líquido a los moldes a través de los agujeros.

Las piezas moldeadas se enfrían, se sacan del molde y pasan a acabados. El acabado se inicia con el proceso de granallado, donde se disparan bolillas de acero para eliminar las asperezas de las piezas. Luego pasan al área de esmerilado, rebarbado y pintado anticorrosivo.

En el área de mecanizado, mediante la utilización de modernos equipos CNC y un centro de mecanizado CAM (Computer Aided Manufacturing), permiten la manufactura flexible y realizan el torneado, roscado y fresado de las piezas. Una vez terminado este proceso, las piezas quedan listas para su ensamblaje.

Durante el ensamblaje, se unen todos los componentes mecánicos y eléctricos para conformar las bombas centrífugas, que luego son sometidas a pruebas hidrostáticas. Las pruebas hidrostáticas son parte de la etapa de control de calidad, en las que se prueba el funcionamiento de la bomba y la eficacia de los sellos. Luego de las pruebas las bombas pasan a acabados finales para ser almacenadas posteriormente.

2.5.3. ANÁLISIS DE TIEMPO DE PROCESO.

En el cuadro 2.3 se muestra la carga de máquina o tiempos consumidos durante la ejecución de un proceso en particular mediante la utilización de tornos CNC del área de mecanizado. En este podemos observar los diferentes tiempos requeridos según el tipo de máquina. Las variaciones dependen de la velocidad de la máquina y de la flexibilidad (cambio de herramientas).

Tipo CNC	T.Inicial	T.Proceso	T. Total
Torno Okuma	7:20	14:34	21:54
Centro Mecanizado	3:55	75:41	79:36
Torno Mazak-15N	10:57	28:36	39:33
Torno Mazak-28N	11:35	144:40	156:15
Torno Mazak-40N	17:10	59:29	76:39
Sub total	50:57	323:00	373:00
TIEMPO EN MINUTOS FUENTE: LA EMPRESA ELBORACION : PROPIA			

Cuadro 2.3 Tiempos de manufactura.

2.5.4. ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA DE INFORMACIÓN.

Existen dos fuentes de información: una proveniente de planta y otra del área administrativa. De acuerdo a los requerimientos de los distintos tipos de usuarios, las necesidades de información en un primer nivel de resolución son:

- Información general acerca de los objetivos, metas, planes presupuestos y proyectos de las diferentes áreas que integran la empresa.
- Información acerca de los indicadores de desempeño.
- Información relacionada con la comercialización de los productos, mercado, clientes y proveedores.

- Información de control de la producción que incluye el ingreso de materia prima, conversión y productos terminados, así como la composición y calidad de los productos.
- Información sobre el personal, capacitación, prevención de accidentes.
- Información acerca de las órdenes de compra, órdenes de producción, inventarios de equipos, repuestos y materiales.
- Información referente al consumo de suministros tales como energía eléctrica, máxima demanda, consumo de combustible, aceite y aire comprimido.
- Información relacionada con la gestión del mantenimiento de maquinaria y equipo así como de instalaciones de planta y servicios.

La frecuencia de generación de reportes incluye:

- Información de turno
- Información diaria
- Información mensual
- Información anual

Además, debido a la gran cantidad de la información proveniente de planta, es razonable pensar que esta puede ser capturada directamente a partir de los propios equipos, de modo tal que el procesamiento puede ser realizado en forma continua.

En general, se observa que no ha existido una visión sistémica en la generación de información, debido a que se ha dado mayor importancia a los sistemas de información del área administrativa, desaprovechando el uso de nuevas tecnologías disponibles. En el cuadro 2.4 se muestra el resumen de los principales recursos tecnológicos de la empresa.

Item	Cant	Descripción	Características
01	01	Servidor de aplicaciones	Compaq Proliant 6000 Procesador Pentium II Xeon 400Mhz Buses Ultra-Wide SCSI-3 Memoria RAM 512 MB ECC de 60 ns Disco duro SCSI RAID 18,2 GB Sistema Operativo SCO UnixWare Emulador TermLite de terminal ANSI y VT320 Lenguaje de Programación Fox Base
02	01	Servidor de respaldo	Compaq Proliant 5500 Procesador Pentium II Xeon 450Mhz Memoria RAM 512 MB ECC de 60 ns Disco duro SCSI RAID 9,1 GB
03	40	Terminales	PC Compatible Procesador Intèl Pentium I, II y III 100Mhz – 700Mhz Memoria RAM 32 - 128 MB Disco duro Quantum 3,2 - 20GB Sistema Operativo Window 9x Software Microsoft Office, Autocad
04	07	CNC	Torno vertical Mazak PLC Mitsubishi Interfaz HMI Software Mazatrol/ ISO Comunicación RS232C
05	10	CNC	Torno vertical (Fanuc, Okuma, Deckel, otros) PLC OEM Interfaz HMI Software ISO Comunicación RS232C
06	01	CAM	Centro Mecanizado Mazak PLC Mitsubishi Interfaz HMI Software Mazatrol/ ISO Comunicación RS232C
07	01	Control de Horno	Controlador Inductotherm PLC OEM
08	01	Control de Horno	Controlador Visilogic OPLC Comunicación RS232C
FUENTE: LA EMPRESA ELABORACIÓN : PROPIA			

Cuadro 2.4 Recursos tecnológicos de la empresa.

Se han considerado los principales recursos utilizados para el procesamiento de la información, así como los equipos de planta que generan información.

En la figura 2.9 se muestra el mapa estratégico [Kaplan, 2001] que ha sido elaborado para la empresa, considerando diferentes perspectivas.

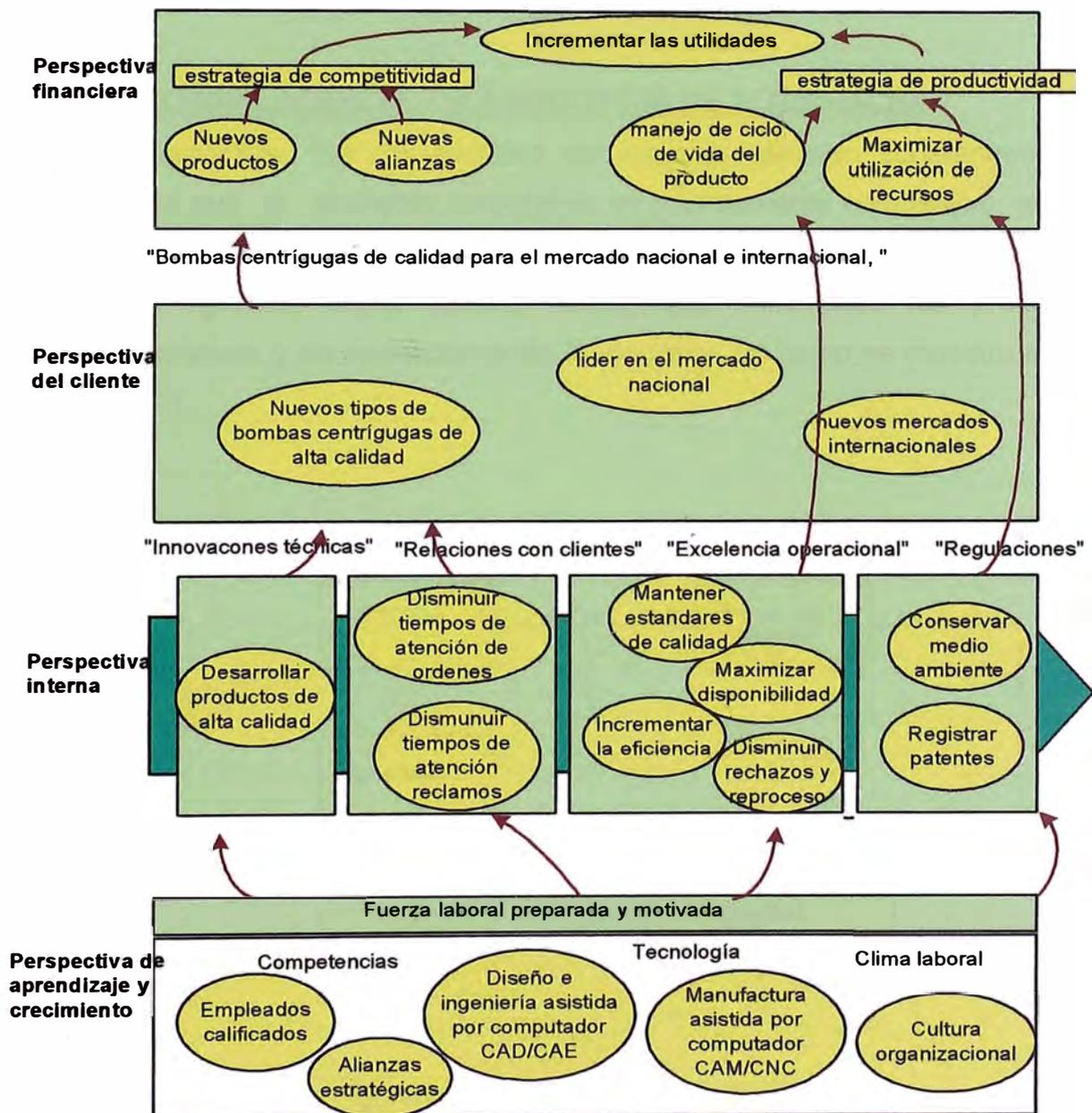


Figura 2.9 Mapa estratégico de la empresa.

CAPÍTULO III

ESTRATEGIA PARA LA INTEGRACIÓN

3.1. FORMULACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE INTEGRACIÓN.

En la actualidad las necesidades del negocio cambian constantemente debido a que el ambiente corporativo es intensamente competitivo, por lo tanto la empresa necesita reaccionar ante situaciones imprevistas como un sistema nervioso digital [Gates, 2000], que comprenda los procesos administrativos y de operaciones de la empresa, tal como se muestra en la figura 3.1.

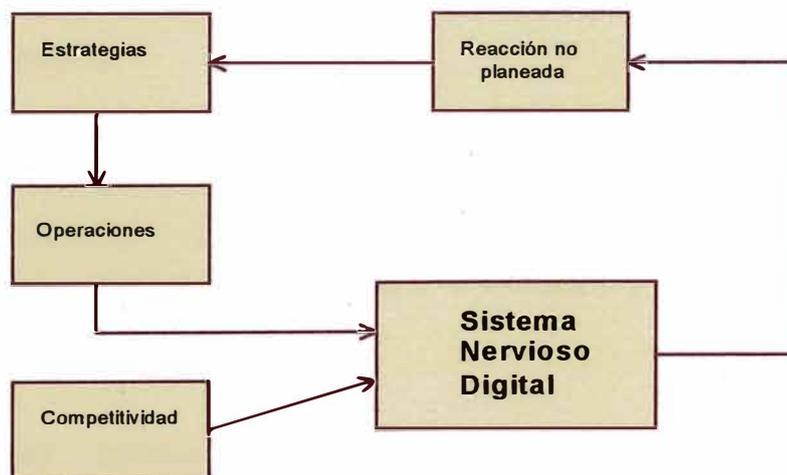


Figura 3.1 Sistema nervioso digital.

Bajo estas condiciones los sistemas de información que proporcionen los mecanismos para obtener ventaja sobre sus competidores [Porter, 2002], pueden necesitar un cambio constante en los requerimientos de software ya que las necesidades de información se incrementan continuamente. Estas necesidades cambiantes han hecho también que las tendencias en los negocios de software estén alineados hacia los objetivos de la empresa y que además proporcionen información inmediata que permita un cambio en la reflexión estratégica.

Asimismo, al desarrollar la tecnología de información que soporte la información relevante de la empresa, deben tomarse en cuenta los siguientes requisitos no funcionales, los cuales especifican propiedades del sistema:

- i. Restricciones del entorno o de la implementación.
- ii. Dependencias de la plataforma hardware (servidores y clientes) y plataforma software (sistemas operativos, software para internet).
- iii. Rendimiento, el cual impone condiciones sobre los requisitos funcionales como la velocidad, rendimiento, tiempo de respuesta y uso de memoria.
- iv. Fiabilidad, habilidad para comportarse correctamente sobre su entorno de ejecución. Hace referencia a características como la disponibilidad, exactitud, tiempo medio entre fallas y defectos por clase.
- v. Extensibilidad, definición de nuevos elementos o nuevas propiedades de elementos ya existentes.
- vi. Mantenebilidad, facilidad de mantenimiento.

- vii. Escalabilidad, capacidad para crecer, de modo que cumpla con las nuevas necesidades producidas por la alta competencia.

Otros requisitos especiales que deben ser tomados en cuenta son:

- i. Persistencia, referida al período de persistencia, frecuencia de actualización así como tamaño y volumen de los objetos que hay que hacer persistentes.
- ii. Disponibilidad, el tiempo de servicio del sistema debe ser ininterrumpido las 24 horas del día.
- iii. Seguridad, la transmisión debe ser segura, es decir sólo las personas autorizadas pueden tener acceso a la información.
- iv. Distribución y concurrencia, es decir acceso al sistema simultáneamente.
- v. Portabilidad, grado en el que un sistema en funcionamiento en un determinado entorno de ejecución, puede ser convertido fácilmente en un sistema funcionando en otro entorno de ejecución.
- vi. Operación en tiempo real, el sistema debe ser capaz de operar en tiempo real.
- vii. Conectividad, el sistema debe poseer una arquitectura abierta, de modo que permita la integración de elementos provenientes de diversas proveedoras.

Los requisitos especiales, son requisitos no funcionales que no pueden asociarse a ningún caso de uso en concreto, sin embargo tienen efecto en varios casos de uso o en ninguno.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, la integración de los sistemas administrativos con los sistemas de planta puede establecerse mediante uso de nuevas tecnologías, software de aplicación, y protocolos de comunicación. En la actualidad existe la tendencia en la fabricación de equipos y componentes sobre normas comunes o estándares industriales abiertos [ISO, 1996], de modo que éstos pueden interconectarse entre sí. Es posible construir una topología de red de campo FAN (Field area network), que incluya segmentos con dispositivos de campo, controladores y actuadores, de modo que estos se enlacen con redes del área administrativa LAN (Local area network).

Sin embargo, el sistema integrado no consiste solamente en la interconexión de los sistemas instalados y los proyectados, a través de una red de área local. Además de la red de área local, la cual resuelve el problema básico de interconexión, y proporciona servicios de acceso a recursos de la red, tales como discos, impresoras o transferencias de archivos, la empresa necesita tener acceso a los indicadores de desempeño, a las variables de proceso relevantes y mantener una arquitectura que le permita integrarse con el exterior y enlazarse con los clientes y proveedores.

Los proveedores de tecnología abierta (open productivity and connectivity) ofrecen diferentes posibilidades de suministros que permiten esta integración [Zurawski, 2006], pero esto requiere que la empresa adopte un esquema, ya que actualmente resultan mucho más prácticas las soluciones integradas, frente al cambio radical que ha ocurrido con la tecnología de información.

La reorganización de la industria ha pasado de la integración vertical de los proveedores a una organización integrada horizontal y orientada a soluciones demandadas por los usuarios. Este cambio ha producido una notable disminución de los precios, así como una diversificación de las opciones disponibles anteriormente. Las soluciones integradas verticales han sido desplazadas por tecnologías basadas en PC, por lo que se puede

encontrar la posibilidad de elegir elementos para cada uno de los niveles de la infraestructura, desde circuitos integrados, computadoras, software de aplicaciones de la empresa, redes, hasta la integración del sistema y el soporte técnico.

Esta nueva estructura horizontal ofrece a los usuarios una mayor flexibilidad, por lo que en la actualidad los productos disponibles en el mercado, se desarrollan sobre la base de un esquema que establece un modelo de referencia [Gates, 2000], que incluye las siguientes partes:

- Integración de páginas web
 - Objetos componentes
 - Almacenamiento de datos
 - Arquitectura cliente /servidor

3.1.1. INTEGRACIÓN DE PÁGINAS WEB.

La integración de páginas web está orientada hacia la utilización de los formularios de interfaz de usuarios, de modo que se efectúe una integración completa de las páginas web elaboradas bajo lenguaje de marcado de hipertexto HTML (Hiper text markup language), con las funciones más potentes que se encuentran en las aplicaciones tradicionales para PC. En sus inicios las páginas se mostraban estáticas pero en la actualidad estas son páginas interactivas, que hacen mucho más que mostrar información y se comportan realmente como si fueran aplicaciones.

3.1.2. OBJETOS COMPONENTES.

Está basado en la construcción de módulos u objetos componentes llamados COM (Component Object Model), que inicialmente fueron creados para la administración de las reglas del negocio a través de la red, y que se encargan de realizar todas las funciones del sistema.

Usando este criterio, las aplicaciones se dividen en diferentes partes llamadas objetos, los cuales se enlazan con facilidad de manera que se obtenga una interacción confiable y segura entre varios sitios. El concepto fundamental de objetos componentes implica que un programa pueda emplearlos sin necesidad de saber como funcionan interiormente, de modo que cuando una aplicación necesita ser actualizada, solo se efectúan los cambios en aquellas partes que necesitan revisión. Estos componentes se envían a través de la red, para que cada usuario descargue las actualizaciones en sus propias máquinas.

Esto permite ir agregando, funciones en forma ordenada a medida que el tiempo transcurre, de modo que es posible agregar más módulos a los sistemas de planta o de administración del sistema integrado.

DCOM [Horstmann, 1997] es una extensión de COM, y define como los componentes y sus clientes interactúan entre sí, en sistemas distribuidos. Esta interacción es definida de tal manera que el cliente y el componente se pueden conectar sin la necesidad de un sistema intermedio. El cliente llama a los métodos del componente sin tener que preocuparse de niveles más complejos. DCOM proporciona una serie de mecanismos distribuidos que es completamente transparente a la aplicación.

Del mismo modo OPC (OLE para Control de Procesos) [OPC Task, 1998] es una especificación basada en COM y DCOM. Esta especificación fue creada por fabricantes y usuarios de la industria de automatización de procesos y es administrada por la Fundación OPC. OPC define como dos aplicaciones de software para control de procesos pueden comunicarse entre sí.

3.1.3. ALMACENAMIENTO DE DATOS.

La tercera parte consiste en un enfoque universal del almacenamiento de datos, que consiste en que cualquier programa en particular pueda acceder a cualquier formato de datos independientemente de su ubicación ya sea que estén en un disco duro, en una base de datos de una computadora, o en una carpeta de correo electrónico.

3.1.4. ARQUITECTURA CLIENTE / SERVIDOR.

La cuarta parte es un mecanismo mediante el cual se determina donde corresponde realizar las tareas de procesamiento de información, es decir, si será sobre la máquina cliente o sobre el servidor, o en alguna combinación de éstos. Durante la fase del desarrollo de aplicaciones, uno de los puntos más controversiales es la discusión acerca de clientes “gruesos”, servidores “gruesos” y clientes “flacos” que se encuentra en la bibliografía de desarrollo cliente/servidor.

La tendencia actual es el desarrollo de aplicaciones por capas, la cual ha evolucionado desde 2 a varias capas.

3.1.4.1. Aplicaciones de dos capas.

En las aplicaciones cliente/servidor de dos capas, los servicios de datos se separan de las aplicaciones lógicas. Los servicios de datos son desplazados de las estaciones de trabajos hacia servidores de base de datos, lo cual ofrece importantes ventajas. El almacenamiento de datos llega a ser un recurso compartido que es más seguro y fácil de manejar mientras la empresa crece. En la figura 3.2 se muestra un diagrama de la arquitectura de dos capas.

Existen algunos inconvenientes con las aplicaciones de dos capas, ya que pueden generar clientes y servidores “gruesos”.

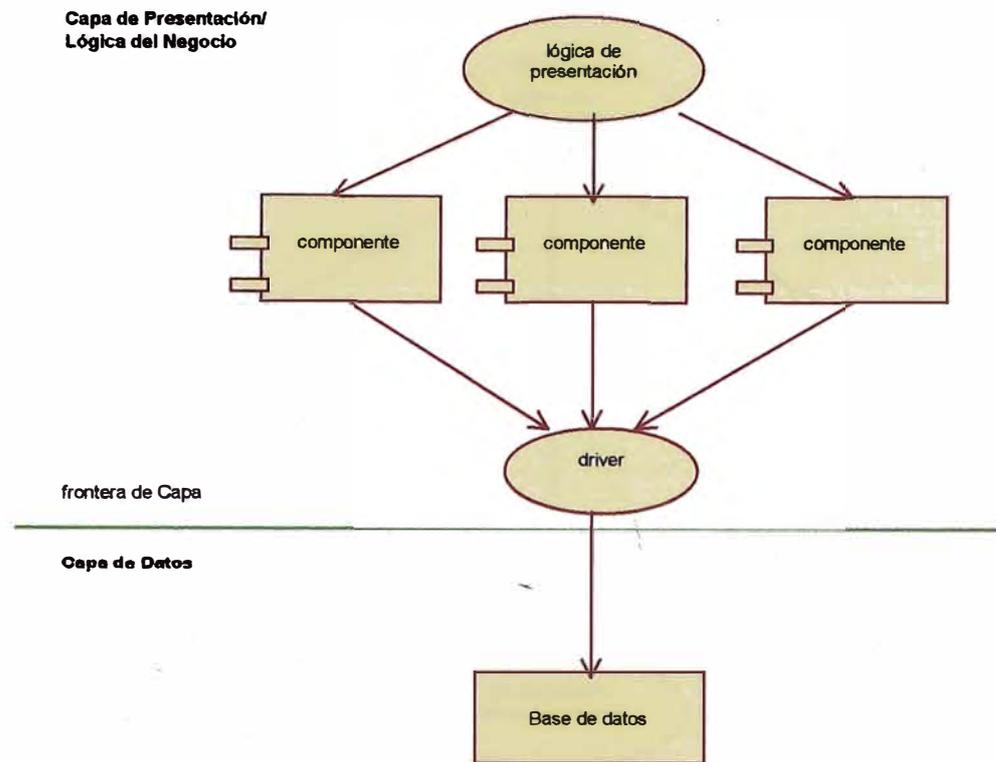


Figura 3.2 Arquitectura de 2 capas: presentación/reglas del negocio y base de datos.

Así tenemos que, cuando las aplicaciones se ejecutan sobre las estaciones de trabajo del cliente y manejan interacciones de usuarios y reglas lógicas del negocio, resulta siempre un cliente "grueso". El uso de software como Foxpro, dBase o Microsoft Acces en las estaciones del cliente por ejemplo, ha generado en el pasado, clientes de este tipo.

En las aplicaciones de dos capas también se promueve el desplazamiento de las reglas lógicas del negocio desde el cliente al servidor de base de datos, como puede verse en la figura 3.3. De este modo se libera al cliente, pero se incrementa el servicio del servidor de base de datos.

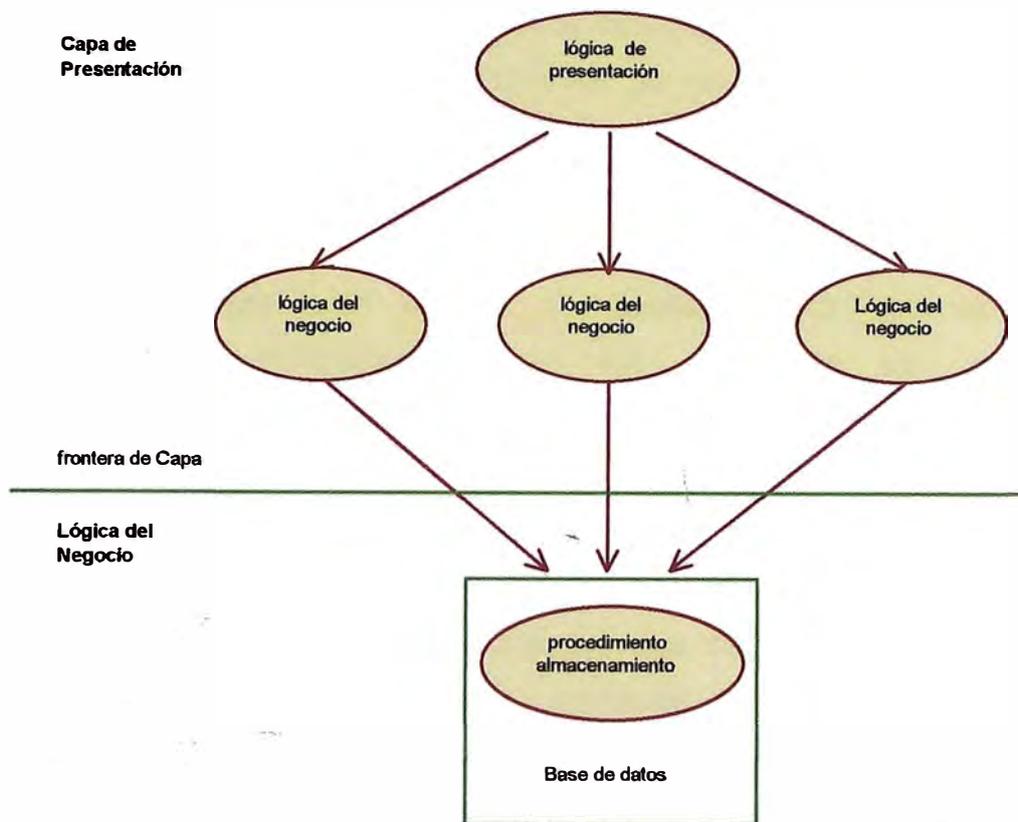


Figura 3.3 Arquitectura de 2 capas: reglas del negocio y base de datos.

También es posible mover parte de la lógica del negocio desde la estación de trabajo para almacenar procedimientos y eventos.

La ventaja que existe en este tipo de arquitectura es que cuando la lógica cambia, los cambios pueden migrar al servidor de base de datos, asegurando de esta manera una rápida actualización del software sobre muchas de estaciones de trabajo.

Las aplicaciones de dos capas trabajan adecuadamente cuando el número de usuarios es bajo, sin embargo cuando

estos aumentan, el desempeño del sistema puede ser afectado. Los servidores de base de datos llegan a ser el cuello de botella cuando las aplicaciones de las empresas usan arquitecturas de dos capas, debido a que cada uno de los clientes consume recursos del servidor de base de datos.

Como resultado del análisis, se puede concluir que las aplicaciones cliente/servidor de dos capas no son lo suficientemente flexibles y potentes para manejar aplicaciones en una empresa.

3.1.4.2. Aplicaciones de tres capas.

Una solución frente a los problemas que se originan en las aplicaciones de dos capas, es la utilización de aplicaciones de tres capas. El propósito de éste modelo es conservar los recursos del servidor de base de datos, particionando las aplicaciones en tres juegos de servicios. Las reglas del negocio son separadas de la interfaz de usuario y de los servicios de datos, tal como se muestra en la figura 3.4.

Una vez separadas las reglas del negocio, son encapsuladas también en componentes separados. Los nuevos componentes de las reglas del negocio pueden ser instalados sobre los servidores de aplicaciones. En una aplicación típica de tres capas, las aplicaciones del cliente proporcionan una interfaz de usuario sobre el sistema, con lo que se obtiene un cliente "flaco".

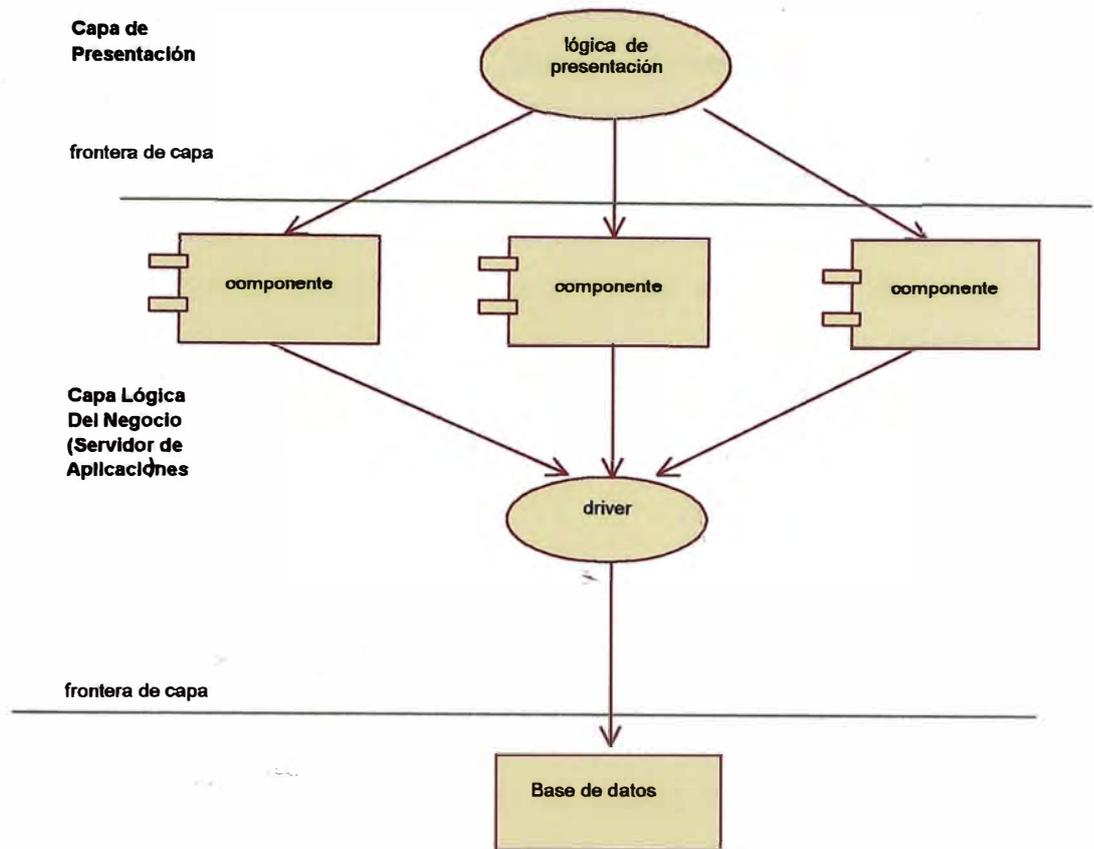


Figura 3.4 Arquitectura de 3 capas: presentación, negocio y datos.

Los servidores de aplicaciones manejan las reglas del negocio e interactúan directamente con los servidores de base de datos asegurando que todos los servicios se realicen correctamente.

Las aplicaciones de tres capas ahorran los recursos, reduciendo el número de conexiones concurrentes de base de datos, las cuales se efectúan desde el servidor de aplicaciones y no desde las estaciones de trabajo de clientes, de este modo los usuarios no requieren conexiones persistentes a los servidores de base de datos, lo cual también facilita el mantenimiento de la base de datos y mejora la seguridad de los mismos.

La separación de los servicios de las reglas de negocio del resto de las aplicaciones ofrece además, otras ventajas importantes, tales como mejora del desempeño del sistema, ya que permite que múltiples servidores de aplicaciones proporcionen más recursos a los usuarios, mejorando la distribución de carga y la tolerancia del sistema a fallas. De esta manera los cambios en las reglas del negocio pueden migrar a un pequeño número de servidores de aplicaciones en vez de que estos se efectúen en las estaciones de trabajo.

3.1.4.3. Aplicaciones multicapa. -

Las aplicaciones multicapa, algunas veces llamadas de n-capas [Sun, 2000], consideran la partición de los servidores de aplicaciones con proyección al crecimiento futuro de la empresa. En estas se dividen las reglas del negocio en dos capas de colaboración, una para el negocio que soporta las interfaces de usuario y la otra para las reglas del negocio de procesamiento que integra y manipula los datos.

Estas aplicaciones resultan ser más prácticas, que las aplicaciones de tres capas, que pueden generar gran actividad de la red. La dificultad de la arquitectura de tres capas, es que se supone que podemos fácilmente decidir donde separar los servicios de reglas del negocio de la funcionalidad de interfaz de usuario y los servicios de datos, lo cual no necesariamente es posible.

Además las aplicaciones de tres capas pueden pagar una severa penalidad de desempeño al principio, desmejorando también el desempeño de las aplicaciones. Es en este momento en que entran al escenario las aplicaciones n-capas.

En la figura 3.5 se muestra un diagrama de la arquitectura multicapa.

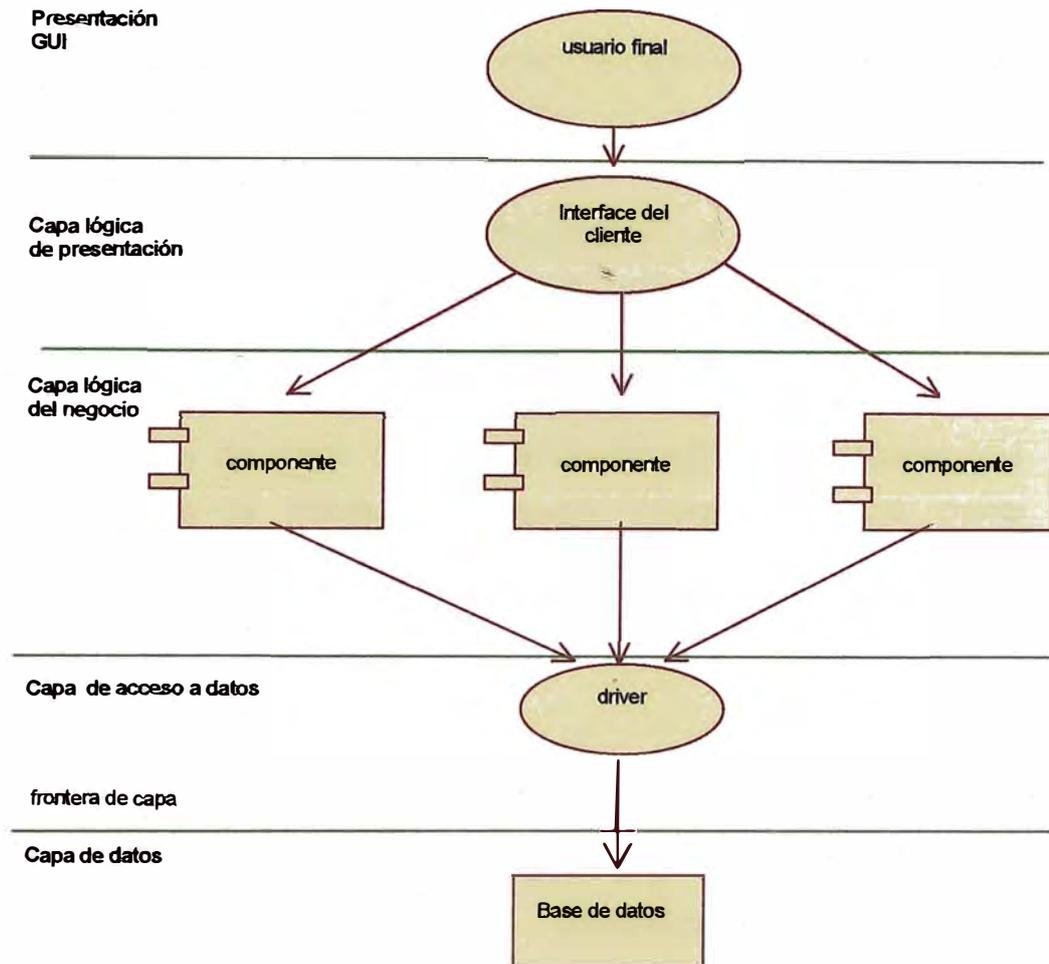


Figura 3.5 Arquitectura multicapa.

En las aplicaciones multicapa, se debe particionar la capa de las reglas del negocio, de modo que una capa soporte la interfaz de usuario y la otra soporte la integración de datos. Los reglas del negocio particionado así ofrecen una mayor flexibilidad, ya que es posible colocar la interfaz de usuario

sobre la estación de trabajo para mantenerla cerca al cliente y mejorar el desempeño del usuario.

Las reglas de negocio centrado en objetos de datos son excelentes candidatos para un servidor de aplicaciones.

La arquitectura multicapa está basada en la utilización de objetos componentes, los cuales permiten que las reglas del negocio y la persistencia de datos puedan ser sincronizados con mucha precisión, obteniéndose mayor flexibilidad y haciendo posible el despliegue de soluciones multicapa en un momento, sobre una estación de trabajo y posteriormente sobre una red que contiene múltiples aplicaciones y servidores de base de datos. Los servicios de reglas del negocio que soportan la interfaz de usuario pueden de este modo permanecer físicamente cerca al cliente y al resto de la aplicación se puede acceder a través de la red.

3.1.5. PROCESAMIENTO DISTRIBUIDO.

La arquitectura de tres capas y la multicapa soportan el procesamiento distribuido. Así, se puede crear una aplicación a partir de componentes independientes y distribuirlas sobre muchas computadoras para cumplir diferentes tareas. La aplicación puede ser dividida, de manera que cada una de sus partes se puede reusar en otras aplicaciones.

La distribución del procesamiento en múltiples máquinas mejora la tolerancia a fallas y permite realizar cambios para optimizar el desempeño a través de balance de carga. El resultado de aplicaciones multicapa se adapta fácilmente a las condiciones

cambiantes y puede ser la mejor solución para las necesidades de aplicaciones corrientes de la empresa.

Las aplicaciones multicapa proporcionan además un amplio rango de opciones para distribuir el procesamiento. Es posible usar diferentes vistas como recurso individual y luego combinar las aplicaciones para ejecutar procesamiento multitarea y multiusuario. En la actualidad muchos servidores que operan bajo ambiente Windows pueden ejecutar las mismas tareas que mainframes.

Sin embargo, mientras que el hardware de la PC puede soportar aplicaciones distribuidas en diferentes máquinas, el desarrollo de aplicaciones recién empieza a ser considerado para la efectiva aplicación en las empresas, siendo el mayor obstáculo las prácticas de desarrollo tradicionales.

La arquitectura multicapa está enfocada a la programación orientada a objetos POO, de esta manera las reglas del negocio son fácilmente encapsuladas y reutilizadas. Las clases del negocio pueden ser fácilmente combinadas en componentes y las aplicaciones pueden incluir o sustituir posteriormente diferentes interfaces de usuario y base de datos terminales con mínimo impacto sobre el núcleo de las aplicaciones. Los componentes pueden migrar desde estaciones de trabajo individuales a servidores remotos, de modo que resulta es flexible sobre del lugar y la presencia del servidor de aplicaciones.

En la actualidad existe una necesidad creciente de servidores de aplicaciones. Además el servicio de persistencia de datos, siempre corre más rápido que el servicio de manipulación de datos, de modo que éste último supera la persistencia de datos. Sin embargo, independientemente del tiempo de respuesta del servicio de persistencia de datos, estos tienden a ser más eficientes respecto a

los servicios de manipulación de datos. Así, mientras el número de usuarios concurrentes crece, el acceso de los servidores de aplicaciones puede resultar con mejor desempeño que el acceso adicional del servidor de base de datos.

La integración de manipulación de datos y servicios de reglas del negocio centrado en datos se desarrolla alrededor de diversos datos fuente para una empresa y provee acceso a datos de la empresa mientras el dato exista o siempre que se acceda a los recursos de las aplicaciones.

El acceso en ambientes multicapa, según este criterio, puede adquirir una estructura piramidal con uno o unos pocos servidores para manejar la persistencia de datos, unos cuantos servidores para manejar objetos de reglas de negocio centrado en datos, una gran cantidad de servidores de objetos centrados en la interfaz de usuario y gran cantidad de estaciones de trabajo para servicios de presentación.

3.2. METODOLOGÍAS DE MODELAMIENTO DE LOS PROCESOS.

En la actualidad existen diferentes notaciones para modelar los procesos del negocio. Así tenemos el caso del modelo de definición de integración IDEF [Mayer, 1998], desarrollado y mantenido por Knowledge Based System, Inc., en el que sus descripciones se identifican como IDEF0, IDEF1, etc. Otra notación para modelar procesos es a través de los diagramas de casos de uso, estados y actividades del lenguaje unificado de modelado UML [OMG, 2005].

Existen también métodos de descripción de procesos que pertenecen a compañías particulares como ARIS (Architecture of Integrated Information Systems), que basa el modelado de procesos a través de diagramas EPC

(Event Driven Process Chain) [Scheer, 2000] y el de ATT que utiliza sus metodologías de mejora continua [AT&T, 1998].

En general, todas estas notaciones muestran de manera gráfica las unidades organizacionales, las entradas o eventos de activación de un proceso de negocio, las actividades que se realizan en el proceso y los actores que las ejecutan. Los resultados, tales como servicios, productos, reportes, etc., que se obtienen en el proceso, también son incluidos en el modelo.

En los siguientes capítulos se procederá al desarrollo del modelo de la empresa en estudio utilizando el lenguaje de modelado unificado UML. Utilizando esta notación y la metodología del proceso unificado de desarrollo de software, es posible establecer el modelo para la empresa que posibilite la creación de un marco de referencia dentro del cual puede elaborarse mayor detalle y represente el problema dominio del sistema. El modelo es una abstracción semánticamente cerrada del sistema, desde diferentes puntos de vistas comenzando desde el nivel más alto y por tanto es contenedor de los demás elementos. Cada uno de los elementos del modelo posee propiedades que lo identifican y lo caracterizan. La notación usada proporciona iconos gráficos que representan cada tipo de elemento del modelo y sus relaciones.

El proceso unificado de desarrollo de software, está basado en la construcción de una arquitectura por capas que soporta la programación orientada a objetos para la comunidad cliente/servidor, y permite la creación de aplicaciones cliente/servidor grandes y complejas basadas sobre un juego común de componentes. En esta arquitectura se aísla la interfaz de usuario y la base de datos del dominio del problema que se está modelando

Además el modelo puede adaptarse fácilmente a restricciones específicas de un dominio determinado. La extensión es ejecutada por estereotipos que son elementos cuya semántica es extendida.

La intención del desarrollo de un modelo por capas es soportar en una forma más eficaz el diseño y la programación orientada a objetos, que históricamente ha caracterizado a las arquitecturas de modelo de aplicaciones. Esta tendencia es también conocida como proceso de desarrollo iterativo centrado en la arquitectura.

La piedra angular de esta tendencia es la arquitectura por capas, que significa la creación de una aplicación en la cual existe una completa separación de la interfaz de usuario (servicios de usuario), el servicio o reglas del negocio (modelo dominio) y los servicios de datos.

En la arquitectura por capas, las reglas del negocio se ubican dentro de clases y operaciones dentro de objetos del negocio. Este mismo criterio se aplica a los servicios de interfaz de usuario y de acceso a datos, tal como se verá más adelante.

En la figura 3.6 se muestra la arquitectura de capas y su relación con algunos productos existentes en el mercado de software.

Presentación GUI	Usuario final del Sistema (HTML, Formularios Windows, etc Físicamente en la máquina del cliente)		
Capa lógica de presentación	La Web (Vb Script, Jscript, Formularios Web C++, VB.NET, etc.)	Lógica Distribuida Necesita conectar la capa Proxy sobre el servidor para enviar y recibir solicitudes	Interfaz del Cliente (Formularios Windows, aplicaciones que el cliente puede ver)
		Capa proxy (SOAP, CORBA, RMI, DCOM, ETC)	
Capa del negocio	Reglas y Objetos del Negocio Manipulación y transformación de datos en información		
Capa de acceso a datos	Interfaz con las Base de Datos DCOM, OPC, DDE, VBA		
Capa de datos	Almacenamiento consultas y optimización RDBMS, ODBC, SQL		

Figura 3.6 Arquitectura multicapa y productos del mercado.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL SISTEMA

4.1. MODELO DE REQUERIMIENTOS.

La elaboración del modelo de requerimientos de la empresa es realizado mediante el empleo de vistas estáticas y dinámicas que permiten la creación de un marco de referencia dentro del cual pueda elaborarse mayor detalle. El modelo representa el problema dominio del sistema y es una abstracción semánticamente cerrada del mismo, desde diferentes puntos de vistas desde el más alto nivel y por tanto es contenedor de los demás elementos.

De acuerdo a las herramientas disponibles, el lenguaje unificado de modelado UML [Rumbaugh, 2004] y el proceso unificado de desarrollo de aplicaciones [Jacobson, 2000], es posible establecer el modelo de requerimientos, análisis y diseño. El modelo contiene clases, casos de uso, objetos, paquetes lógicos, operaciones, componentes de paquetes, procesadores y dispositivos que representan el modelo lógico y el modelo físico para capturar el producto en proceso.

Cada uno de los elementos del modelo posee propiedades que lo identifican y lo caracterizan. La notación usada proporciona iconos gráficos que representan cada tipo de elemento del modelo y sus relaciones. En el modelo también se consideran diagramas y especificaciones, las cuales proporcionan un medio para visualizar y manipular los elementos del modelo mismo y sus propiedades. Debido a que los diagramas son usados para ilustrar múltiples vistas de un modelo, los iconos que representan un

elemento del modelo pueden aparecer en ninguno, uno o muchos diagramas del modelo.

El proceso unificado de desarrollo está orientado a la construcción de una aplicación sobre una arquitectura de software por capas, que permite aislar la interfaz de usuario y la base de datos del dominio del problema que se está modelando y posibilita la creación de una familia de aplicaciones basadas sobre un común juego de componentes que es distribuible, extensible y mantenible.

La intención de un modelo por capas es soportar una forma más eficaz el diseño y programación del modelo orientado a objetos, que históricamente ha caracterizado a las arquitecturas del modelo de aplicaciones. Esta tendencia es conocida como proceso de desarrollo unificado de Rational o RUP (Rational Unified Process), el cual es un proceso de desarrollo iterativo centrado en la arquitectura. La base de esta tendencia es la construcción de una arquitectura por capas, que significa la creación de un software en el cual existe una completa separación entre cada uno de los servicios, tales como servicios de datos, servicios del negocio (modelo dominio) y servicios de usuario o interfaz de usuario. En esta arquitectura, las reglas del negocio se ubican dentro de clases y operaciones dentro de objetos del negocio.

El modelo de la empresa bajo este concepto, muestra una abstracción de lo que existe en el mundo real. En este modelo se ubica un grupo de clases y sus relaciones, para todas las áreas de la empresa. Este modelo es solo un pequeño juego de clases, asociaciones y propiedades que proporcionen una base para la construcción del sistema, y que representa el punto de inicio del análisis de modo que se pueda extender clases adicionales al modelo central.

4.2. MODELO DE CASOS DE USO.

Durante la elaboración del modelo de requerimientos se han encontrado una serie de casos de uso, los mismos que han sido agrupados en una versión preliminar para soportar los procesos del área de operaciones de la empresa. En la figura 4.1 se muestra el diagrama de casos de uso del negocio para dicha área.

4.2.1. ACTORES.

4.2.1.1. Jefe de ventas.

Este actor representa un usuario que es responsable de la recepción y registro de órdenes de compra así como del registro de clientes.

4.2.1.2. Jefe de almacén .

Este actor representa un usuario que es responsable de la recepción y registro de artículos en el almacén así como de la atención de órdenes.

4.2.1.3. Jefe de producción.

Este actor representa un usuario que es responsable de registrar productos y órdenes de producción.

4.2.1.4. Ingeniero de proceso.

Este actor representa un usuario que es responsable de especificar el producto, atender las órdenes de producción, controlar el proceso y registrar hojas de ruta. Es el usuario original de los datos en tiempo real de toda la línea de producción y los indicadores de una unidad o estación de trabajo. Debe ser capaz de poder relacionar estos al producto y la calidad del mismo.

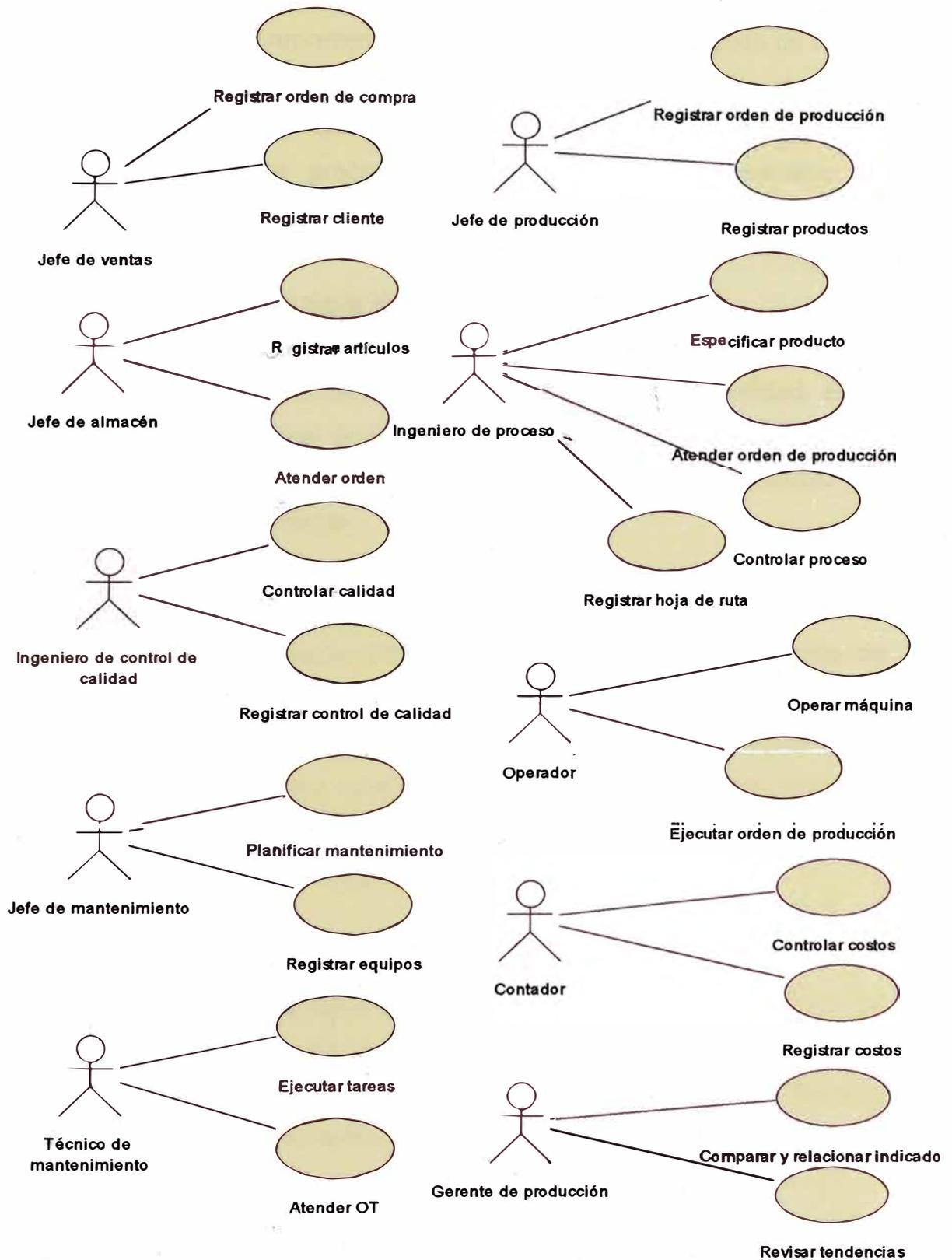


Figura 4.1 Diagrama de casos de uso del negocio.

4.2.1.5. Operador.

Este actor representa una persona que es encargada de operar las máquinas y atender órdenes de producción. Es el usuario original de los datos en tiempo real, usándolos para sintonizar y controlar el proceso dentro de los límites normales de operación.

4.2.1.6. Ingeniero de control de calidad.

Este actor representa una persona que es responsable del control de calidad y del registro del control de calidad. Es el usuario original de los datos y de los indicadores de la unidad producida. Debe ser capaz de relacionar estos al producto y la calidad del mismo.

4.2.1.7. Jefe de mantenimiento.

Este actor representa una persona que es responsable de planificar el mantenimiento y del registro de equipos. Es el usuario original de los datos en tiempo real, relativos a los eventos de los equipos e instalaciones y no del producto, enfocado en la disponibilidad de la planta, la línea de producción o del equipo individual.

4.2.1.8. Técnico de mantenimiento.

Este actor representa una persona encargada de ejecutar las tareas de mantenimiento y atender órdenes de trabajo. Es el usuario original de los datos, relativos a los eventos de equipos individuales e instalaciones.

4.2.1.9. Contador.

Este actor representa una persona que es responsable de controlar costos de producción y del registro de costos. Es el usuario original de los datos e indicadores de los costos de

producción. Debe ser capaz de relacionar estos al producto y a las instalaciones.

4.2.1.10. Gerente de Producción.

Este actor representa una persona que es responsable de comparar y relacionar indicadores, así como revisar tendencias de producción. Es el usuario original de los resultados de producción, por turno, día, semana y por orden de producción; desde una perspectiva concerniente al uso de las instalaciones de la planta desde el más alto nivel.

4.2.2. CASOS DE USO.

4.2.2.1. Registrar orden de compra.

El caso de uso registrar orden de compra especifica las posibles instancias del caso. Es decir las diferentes formas válidas de llevar a cabo el caso de uso por parte del sistema y la interacción requerida con las instancias de actores implicados, generando una secuencia de transacciones cuyas tareas producen un resultado de valor medible (el caso de uso es un clasificador tiene atributos y operaciones) para un actor individual en el sistema de órdenes de compras.

Bajo este contexto, una transacción es el conjunto de actividades que son realizadas ya sea totalmente o no y que son invocadas por un estímulo del actor al sistema de órdenes de compras o por un punto alcanzado por el negocio.

El caso de uso comienza cuando el Jefe de ventas solicita al sistema mostrar todas las órdenes. El sistema debe mostrar una lista de las órdenes registradas. El actor debe tener una opción que le permita seleccionar órdenes mostradas en la lista y elegir una de las posibles instancias indicadas, tales como:

- Crear orden de compra.
- Editar orden de compra.
- Eliminar orden de compra.

4.2.2.2. Registrar cliente.

El caso de uso comienza cuando el Jefe de ventas solicita al sistema mostrar todos los clientes. El sistema debe mostrar una lista de los clientes registrados. El actor debe tener una opción que le permita seleccionar los clientes mostrados en la lista y elegir una de las posibles instancias indicadas, tales como:

- Crear cliente.
- Editar cliente.
- Eliminar cliente.

4.2.2.3. Registrar artículos.

El caso de uso comienza cuando el Jefe de almacén solicita al sistema mostrar todos los artículos. El sistema debe mostrar una lista de los artículos registrados. El actor debe tener una opción que le permita seleccionar los artículos mostrados en la lista y elegir una de las posibles instancias indicadas, tales como:

- Crear artículo.
- Editar artículo.
- Eliminar artículo.

4.2.2.4. Atender orden.

El caso de uso comienza cuando el Jefe de almacén solicita al sistema mostrar todos las órdenes de compra. El sistema debe mostrar una lista de las órdenes registradas. El actor debe tener una opción que le permita seleccionar los artículos mostrados en la lista y elegir una de las posibles instancias indicadas, tales como:

- Agregar uno o más artículos.
- Imprimir la orden.
- Cerrar la orden.

4.2.2.5. Registrar orden de producción.

El caso de uso registrar orden de producción es la secuencia de transacciones, cuyas tareas producen un resultado de valor medible para un actor individual en el sistema de órdenes producción. Siendo una transacción el conjunto de actividades que son realizadas ya sea totalmente o no y que son invocadas por un estímulo del actor al sistema de órdenes de producción o por un punto alcanzado por el negocio, para ejecutar la manufactura de productos de la orden, relativas a las capacidades de la planta.

El caso de uso comienza cuando el Jefe de producción solicita al sistema mostrar todas las órdenes de producción. El sistema debe mostrar una lista de las órdenes registradas actualmente.

El actor debe tener una opción que le permita seleccionar las órdenes mostradas en la lista y hacer lo siguiente:

- Crear orden de producción.
- Editar orden de producción.
- Eliminar orden de producción.
- Consultar el estado de la orden.
- Revisar la genealogía del producto.

4.2.2.6. Registrar producto.

El caso de uso comienza cuando el Jefe de producción solicita al sistema mostrar todos los productos. El sistema debe mostrar una lista de los productos registrados. El actor debe tener una opción que le permita seleccionar los productos

mostrados en la lista y elegir una de las posibles instancias indicadas, tales como:

- Crear producto.
- Editar producto.
- Eliminar producto.

4.2.2.7. Especificar producto.

El caso de uso comienza cuando el Ingeniero de proceso solicita al sistema mostrar todos los productos. El sistema debe mostrar una lista de los productos registrados. El actor debe tener una opción que le permita seleccionar los productos mostrados en la lista y elegir una de las posibles instancias indicadas, tales como:

- Crear especificación.
- Editar especificación.
- Eliminar especificación.

4.2.2.8. Atender orden de producción.

El caso de uso comienza cuando el Ingeniero de proceso solicita al sistema mostrar todas las órdenes de producción. El sistema debe mostrar una lista de las órdenes registradas. El actor debe tener una opción que le permita seleccionar los productos mostrados en la lista y elegir una de las posibles instancias indicadas, tales como:

- Agregar uno o más productos.
- Imprimir la orden.
- Cerrar la orden.

4.2.2.9. Controlar proceso.

El caso de uso controlar proceso es la secuencia de transacciones, cuyas tareas producen un resultado de valor medible para un actor individual en el proceso de producción,

forzando a una visión mayor a una unidad en el proceso. Siendo una transacción el conjunto de actividades que son realizadas ya sea totalmente o no y que son invocadas por un estímulo del actor al sistema de control de procesos o por un punto alcanzado por el negocio, requiriendo resolución en tiempo real para tomar decisiones instantáneas.

El caso de uso comienza cuando el Ingeniero de proceso solicita al sistema mostrar el estado de los sistemas de control. El actor debe tener una opción que le permita elegir una de las posibles instancias indicadas, tales como:

- Revisar tendencias en tiempo real.
- Revisar datos de tendencias históricas.
- Revisar el sistema de control.
- Revisar alarmas /eventos de la planta.

4.2.2.10. Registrar hoja de ruta.

El caso de uso comienza cuando el Ingeniero de proceso solicita al sistema mostrar todas las órdenes de producción. El sistema debe mostrar una lista de las órdenes registradas actualmente. El actor debe tener una opción que le permita seleccionar las órdenes mostradas en la lista y hacer lo siguiente:

- Actualizar una orden.
- Consultar el estado de la orden.
- Revisar la genealogía del producto.

4.2.2.11. Operar máquina.

El caso de uso operar máquina es la secuencia de transacciones, cuyas tareas producen un resultado de valor medible para un actor individual en el sistema de operaciones, usualmente limitado a una unidad en el proceso. Siendo una

transacción el conjunto de actividades que son realizadas ya sea totalmente o no y que son invocadas por un estímulo del actor al sistema de operaciones o por un punto alcanzado por el negocio, requiriendo resolución en tiempo real para tomar decisiones instantáneas.

El caso de uso comienza cuando el operador solicita al sistema mostrar todas las variables de proceso, usualmente está limitado a una unidad en el proceso (estación de trabajo). El sistema muestra entonces el valor de las variables actuales. El actor debe tener una opción que le permita seleccionar alguna variable y hacer lo siguiente:

- Programar secuencias.
- Verificar indicadores.
- Revisar tendencias en tiempo real.
- Revisar datos de tendencias históricas.
- Revisar el sistema de control.
- Revisar alarmas /eventos de la planta.

4.2.2.12. Ejecutar orden de producción.

El caso de uso comienza cuando el Operador solicita al sistema mostrar todos los órdenes de producción. El sistema debe mostrar una lista de las órdenes registradas. El actor debe tener una opción que le permita elegir una de las posibles instancias indicadas, tales como:

- Imprimir la orden.
- Cerrar la orden.

4.2.2.13. Controlar calidad.

El caso de uso controlar calidad es la secuencia de transacciones, cuyas tareas producen un resultado de valor medible para un actor individual en el proceso de control de

calidad enfocado en determinar cuan bien las instalaciones de la planta están produciendo el producto, respecto a los requerimientos de diseño. Siendo una transacción el conjunto de actividades que son realizadas ya sea totalmente o no y que son invocadas por un estímulo del actor al sistema de control de calidad o por un punto alcanzado por el negocio.

El caso de uso comienza cuando el Ingeniero de control de calidad solicita al sistema mostrar todos los eventos de producción y las variables de proceso. El sistema muestra entonces el valor de las variables actuales. El actor puede a la vez seleccionar alguna variable y hacer lo siguiente:

- Verificar los ajustes de los límites.
- Revisar tendencias en tiempo real.
- Revisar datos de tendencias históricas.
- Regresar al sistema dentro del control.
- Revisar alarmas /eventos de la planta.

4.2.2.14. Registrar control de calidad.

El caso de uso comienza cuando el Ingeniero de control de calidad solicita al sistema mostrar todos los eventos de producción y las variables de proceso. El sistema muestra entonces el valor de las variables actuales. El actor puede a la vez seleccionar alguna variable y hacer lo siguiente:

- Comparar y relacionar indicadores y eventos
- Determinar formas de optimizar el proceso en su conjunto.
- Registrar el control.

4.2.2.15. Planificar mantenimiento.

El caso de uso planificar mantenimiento es la secuencia de transacciones, cuyas tareas producen un resultado de valor

medible para un actor individual en el proceso de mantenimiento, para determinar los problemas de la planta así como planificar las formas de prevenirlo. Siendo una transacción el conjunto de actividades que son realizadas ya sea totalmente o no y que son invocadas por un estímulo del actor al sistema de mantenimiento o por un punto alcanzado por el negocio.

El caso de uso comienza cuando el Jefe de mantenimiento solicita al sistema mostrar todas las operaciones de mantenimiento. El sistema muestra entonces el valor de los recursos actuales. El actor debe tener una opción que le permita hacer lo siguiente:

- Administrar las operaciones de mantenimiento.
- Planificar materiales y recursos.
- Mantener recursos de labor críticos.
- Administrar órdenes de trabajo.

4.2.2.16. Registrar equipo.

El caso de uso comienza cuando el Jefe de mantenimiento solicita al sistema mostrar todos los equipos. El sistema debe mostrar una lista de los equipos registrados. El actor debe tener una opción que le permita seleccionar los equipos mostrados en la lista y elegir una de las posibles instancias indicadas, tales como:

- Crear equipo.
- Editar equipo.
- Eliminar equipo.

4.2.2.17. Ejecutar tareas.

El caso de uso comienza cuando el Técnico de mantenimiento solicita al sistema mostrar todas las órdenes de trabajo

asignadas para su ejecución. El sistema debe mostrar una lista de las órdenes pendientes. El actor debe tener una opción que le permita elegir una de las posibles instancias indicadas, tales como:

- Imprimir orden de trabajo.

4.2.2.18. Atender orden.

El caso de uso comienza cuando el Técnico de mantenimiento solicita al sistema mostrar todos las órdenes en ejecución. El sistema debe mostrar una lista de las órdenes registradas. El actor debe tener una opción que le permita elegir una de las posibles instancias indicadas, tales como

- Cerrar orden de trabajo.

4.2.2.19. Controlar costos.

El caso de uso controlar costos es la secuencia de transacciones, cuyas tareas producen un resultado de valor medible para un actor individual en el proceso de contabilidad enfocado en determinar los costos involucrados en la producción de un producto, respecto a los requerimientos de diseño. Siendo una transacción el conjunto de actividades que son realizadas ya sea totalmente o no y que son invocadas por un estímulo del actor al sistema de contabilidad o por un punto alcanzado por el negocio.

El caso de uso comienza cuando el contador solicita al sistema mostrar todos los costos de producción y/o los costos de mantenimiento de equipos e instalaciones. El sistema muestra entonces el valor de los costos. El actor debe tener opciones para hacer lo siguiente:

- Revisar costos.
- Programar gastos.

- Comparar y relacionar indicadores.
- Determinar formas de optimizar los costos de producción en su conjunto.

4.2.2.20. Registrar costos.

El caso de uso comienza cuando el contador solicita al sistema mostrar todos los costos de producción y/o los costos de mantenimiento de equipos e instalaciones. El sistema muestra entonces el valor de los costos. El actor debe tener opciones para hacer lo siguiente:

- Registrar ingresos y egresos.
- Registrar libros contables.

4.2.2.21. Comparar y relacionar indicadores.

El caso de uso comparar y relacionar indicadores es la secuencia de transacciones, cuyas tareas producen un resultado de valor medible para un actor individual en el proceso de gestión de la producción, enfocado en determinar cuan eficientemente las instalaciones de la planta están produciendo el producto, respecto a los requerimientos de diseño. Siendo una transacción el conjunto de actividades que son realizadas ya sea totalmente o no y que son invocadas por un estímulo del actor al sistema de producción o por un punto alcanzado por el negocio.

El caso de uso comienza cuando el gerente de producción solicita al sistema mostrar todos los eventos de producción, las variables de producción. El sistema debe mostrar el valor de las variables actuales. El actor debe tener la opción de seleccionar alguna variable y hacer lo siguiente:

- Evaluar indicadores.
- Relacionar indicadores.

- Regresar al sistema dentro del control.
- Revisar alarmas /eventos de la planta.
- Revisar costos de producción.
- Determinar formas de optimizar el proceso en su conjunto.

4.2.2.22. Revisar tendencias.

El caso de uso comienza cuando el gerente de producción solicita al sistema mostrar todos los eventos de producción. El sistema debe mostrar el valor de las variables actuales. El actor debe tener la opción de seleccionar alguna variable y hacer lo siguiente:

- Revisar tendencias en tiempo real.
- Revisar datos de tendencias históricas.

En la figura 4.2 se muestra el diagrama de casos de uso del nuevo negocio, con el cual se busca mejorar el funcionamiento del mismo.

En el área de mantenimiento se han incluido los casos de uso registrar, generar y cerrar OT (orden de trabajo), así como los casos de uso registrar tarea y registrar repuesto. Estos permitirán un mejor manejo de las órdenes de trabajo de mantenimiento.

En el área de producción se ha incluido el caso de uso registrar indicadores. El análisis de indicadores permitirá evaluar la eficiencia de las máquinas y de las operaciones.

Debe observarse que se ha tratado de no efectuar ningún cambio importante en otras áreas del modelo del negocio actual.

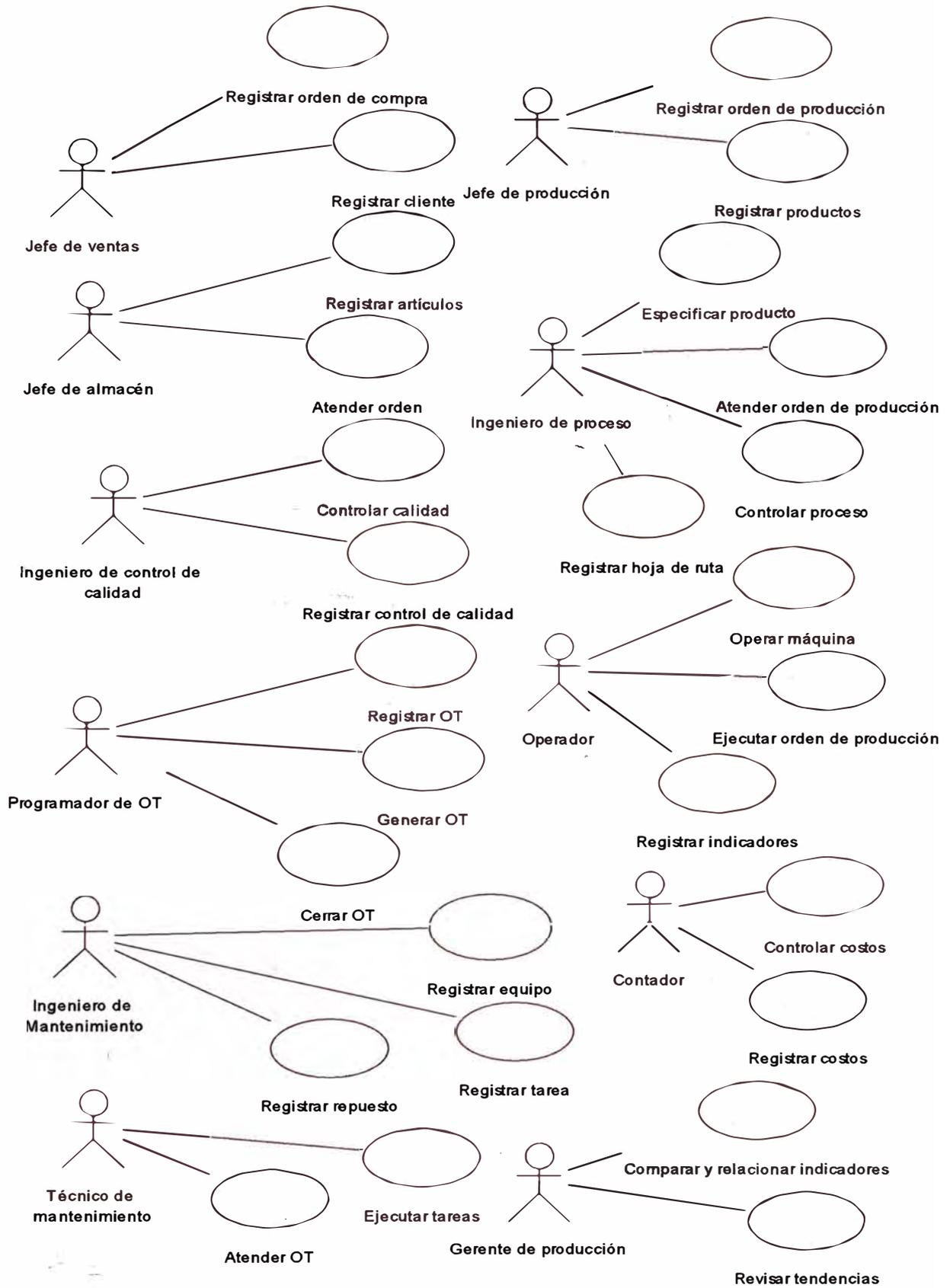


Figura 4.2 Diagrama de casos de uso del nuevo negocio.

4.3. MODELO DE ANÁLISIS.

De acuerdo a la metodología, se ha procedido a la creación del modelo de análisis a partir de los casos de uso del modelo del nuevo negocio. En la figura 4.3 se muestra el diagrama de casos de uso del sistema de software del nuevo negocio.

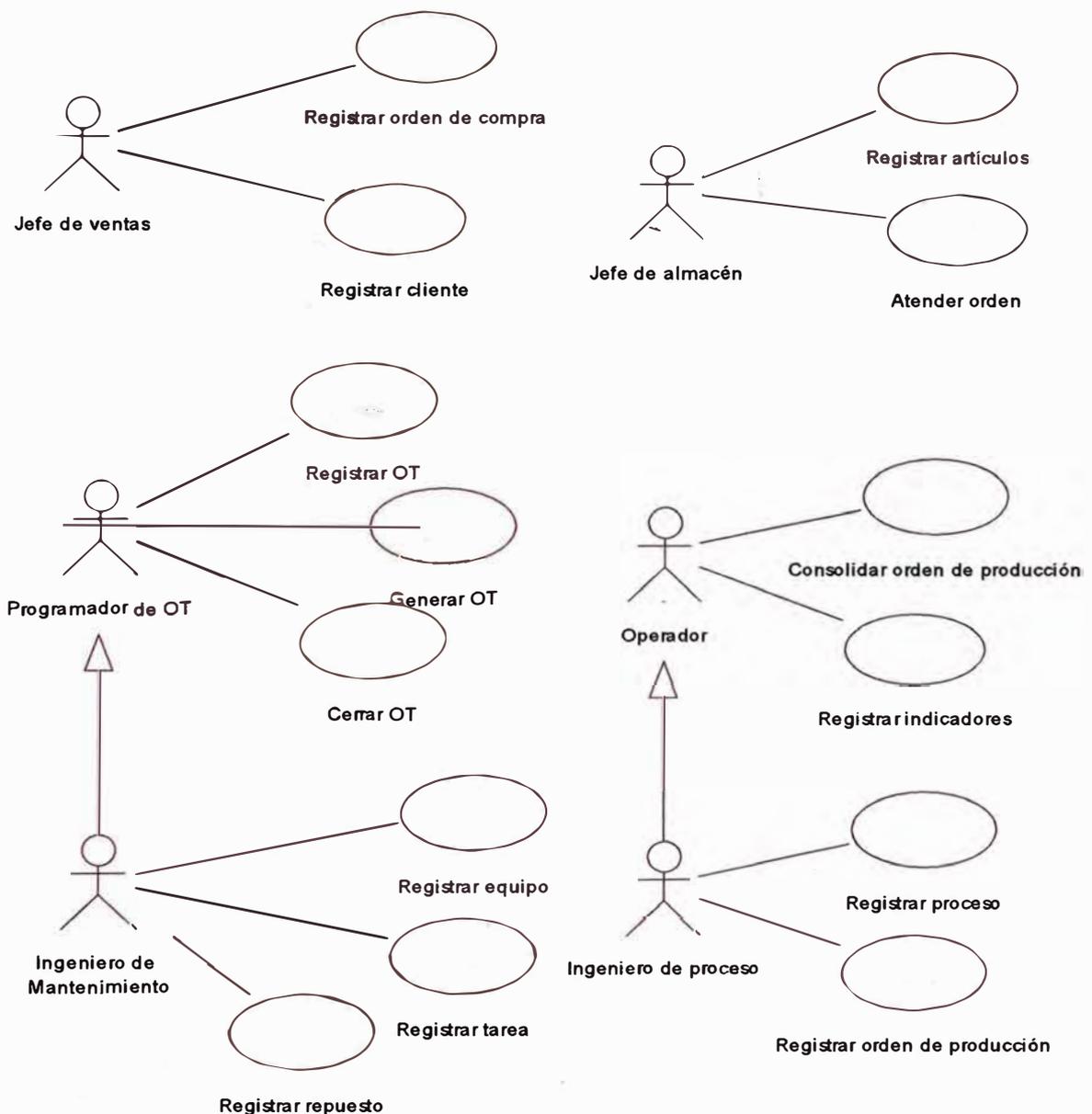


Figura 4.3 Diagrama de casos de uso del sistema de software.

El modelo de análisis ofrece una especificación más precisa de los requisitos e introduce un mayor formalismo sobre el funcionamiento interno del sistema.

En la figura 4.4 se muestra el diagrama de casos de uso del sistema de software del nuevo negocio en una nueva versión. Se incluyen casos de uso que permitan el registro de indicadores en el área de producción, así como la consulta de los mismos para la generación de órdenes de trabajo en el área de mantenimiento.

Debido a la cantidad de casos de uso incluidos en el modelo, se ha usado la jerarquización de casos de uso [Carranza, 2006], para lo cual se han creado casos de uso abstractos, que representan conjuntos de casos de uso de un mismo actor.

En la figura 4.5 se muestra el diagrama de casos de uso del sistema de software del nuevo negocio en una nueva versión usando jerarquización de casos de uso.

4.3.1. ACTORES.

4.3.1.1. Jefe de ventas.

Este actor representa un usuario que es responsable de la recepción y registro de órdenes de compra así como del registro de clientes.

4.3.1.2. Jefe de almacén.

Este actor representa un usuario que es responsable de la recepción y registro de artículos en el almacén así como de la atención de órdenes.

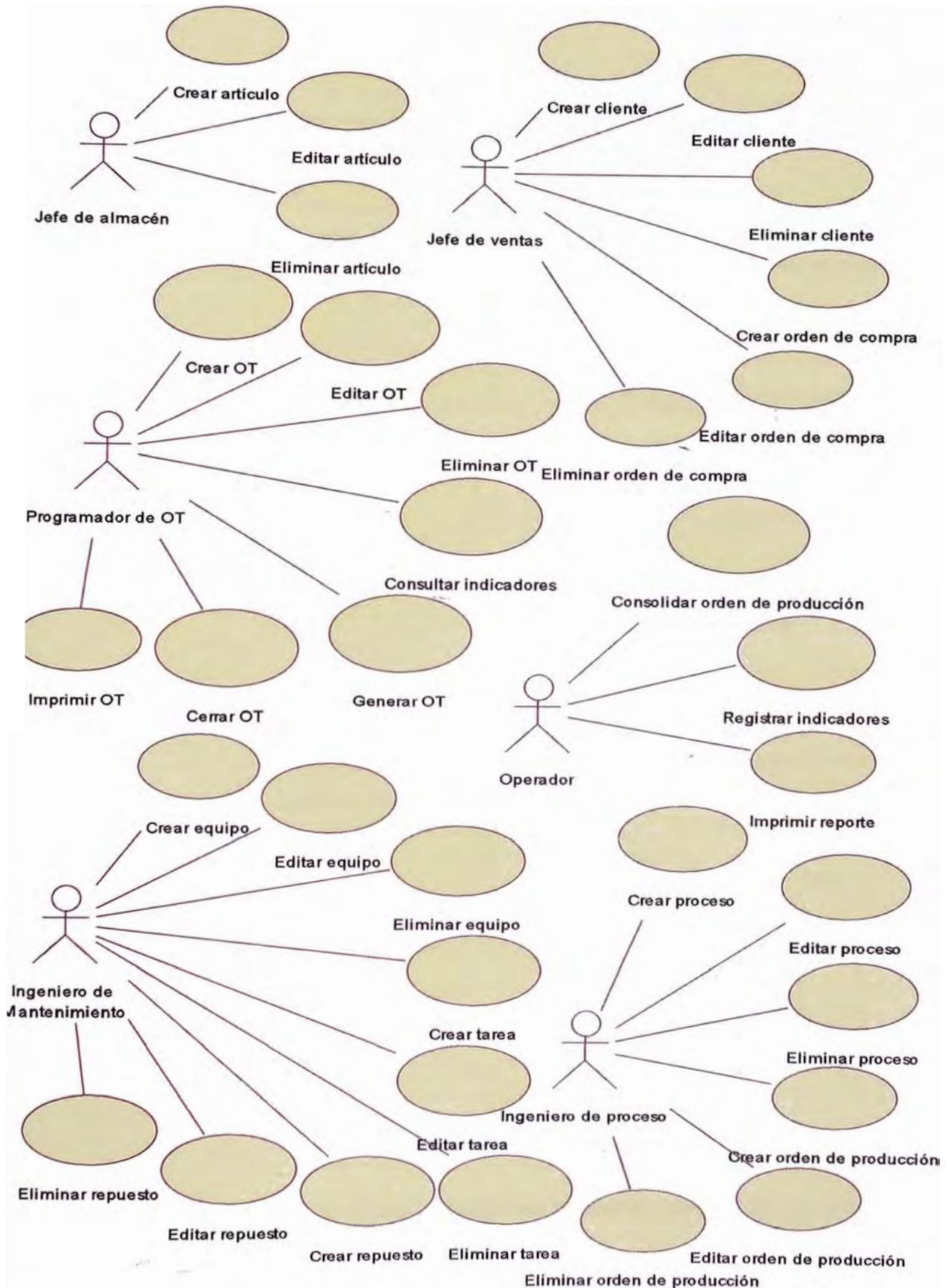
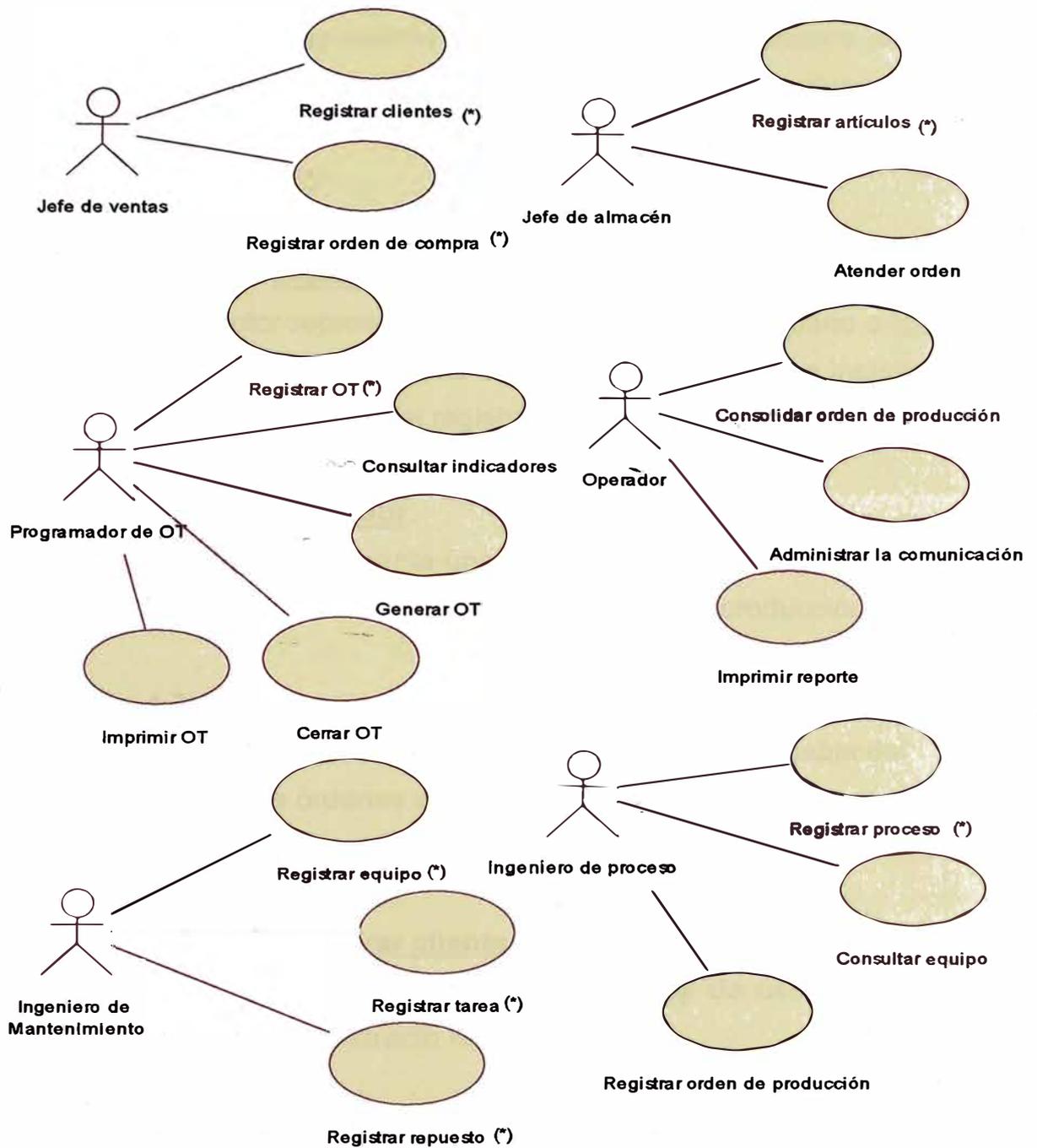


Figura 4.4 Diagrama de casos de uso de la nueva versión del sistema.



(*) Caso de uso abstracto

Figura 4.5 Diagrama de casos de uso del sistema usando jerarquización.

4.3.1.3. Ingeniero de proceso.

Este actor representa una persona que es el usuario original de los datos relativos a los procesos de producción y es responsable del registro de procesos de producción y órdenes de producción.

4.3.1.4. Ingeniero de mantenimiento.

Este actor representa una persona que es el usuario original de los datos relativos a los eventos de los equipos e instalaciones y es responsable del registro equipos, tareas y repuestos.

4.3.1.5. Operador.

Este actor representa una persona que es el usuario original de los datos en tiempo real de una unidad de producción.

4.3.1.6. Programador de OT.

Este actor representa un usuario que es responsable del registro de órdenes de trabajo de mantenimiento.

4.3.2. CASOS DE USO.

4.3.2.1. Registrar cliente.

En la figura 4.6 se muestran los casos de uso concretos del caso de uso abstracto Registrar cliente.

El caso de uso Registrar cliente representa una abstracción de los casos de uso concretos:

- Crear cliente.
- Editar cliente.
- Eliminar cliente.

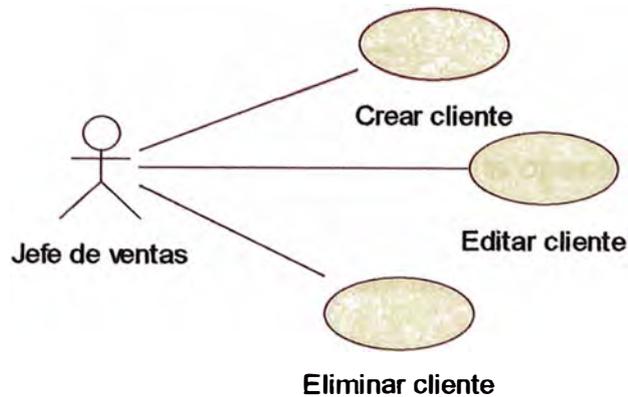


Figura 4.6 Casos de uso concretos del caso de uso abstracto Registrar cliente.

a) Crear cliente.

El actor solicita al sistema añadir un cliente al registro de clientes. El sistema presenta los siguientes datos, los mismos que también pueden ser cambiados por el actor.

- Cod_Cliente (defecto)
- Nombre (vacío)
- Dirección (vacío)
- RUC_Cliente (vacío)

El actor puede elegir guardar la información o cancelar la operación. Si el actor decide guardar la información un nuevo cliente es creado en el registro, la información es guardada y la lista de clientes es actualizada.

b) Editar cliente.

El actor solicita al sistema editar la información registrada de un cliente. El sistema presenta y debe permitir al actor cambiar los siguientes datos:

- Cod_Cliente (defecto)
- Nombre (defecto)

- Dirección (defecto)
- RUC_Cliente (defecto)

El actor debe aceptar o cancelar la operación. Si el actor acepta la operación, el sistema guarda la información cambiada y actualiza la lista de clientes registrados.

c) Eliminar cliente.

El actor puede solicitar al sistema eliminar uno o algunos clientes seleccionados. El actor debe aceptar o cancelar la operación. Si el actor acepta la operación, el sistema elimina el cliente o clientes del registro y actualiza la lista de clientes registrados.

La realización de los casos de uso crear, editar y eliminar cliente implican a la clase interfaz frmCliente y la clase entidad Cliente.

4.3.2.2. Registrar artículo.

En la figura 4.7 se muestran los casos de uso concretos del caso de uso abstracto Registrar artículo.

El caso de uso Registrar artículo representa una abstracción de los casos de uso concretos:

- Crear artículo.
- Editar artículo.
- Eliminar artículo

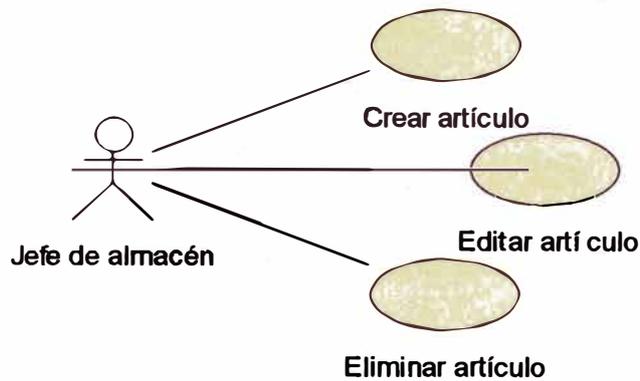


Figura 4.7 Casos de uso concretos del caso de uso abstracto Registrar artículo.

a) Crear artículo.

El actor solicita al sistema añadir un artículo al registro de artículos. El sistema presenta los siguientes datos, los mismos que también pueden ser cambiados por el actor.

- Cod_Artículo (defecto)
- Nombre (vacío)
- Descripción (vacío)
- Costo (vacío)
- Stock (vacío)

El actor puede elegir guardar la información o cancelar la operación. Si el actor decide guardar la información un nuevo artículo es creado en el registro, la información es guardada y la lista de artículos es actualizada.

b) Editar artículo.

El actor solicita al sistema editar la información registrada de un artículo. El sistema presenta y debe permitir al actor cambiar los siguientes datos:

- Cod_Artículo (defecto)
- Nombre (defecto)
- Descripción (defecto)
- Costo (defecto)
- Stock (defecto)

El actor debe aceptar o cancelar la operación. Si el actor acepta la operación, el sistema guarda la información cambiada y actualiza la lista de artículos registrados.

c) Eliminar artículo.

El actor puede solicitar al sistema eliminar uno o algunos artículos seleccionados. El actor debe aceptar o cancelar la operación. Si el actor acepta la operación, el sistema elimina el artículo o artículos del registro y actualiza la lista de artículos registrados.

La realización de los casos de uso crear, editar y eliminar artículo implican a la clase interfaz frmArtículo y la clase entidad Artículo.

4.3.2.3. Registrar Orden de compra.

En la figura 4.8 se muestran los casos de uso concretos del caso de uso abstracto Registrar Orden de compra.

El caso de uso Registrar Orden de compra representa una abstracción de los casos de uso concretos:

- Crear Orden de compra.
- Editar Orden de compra.
- Eliminar Orden de compra.

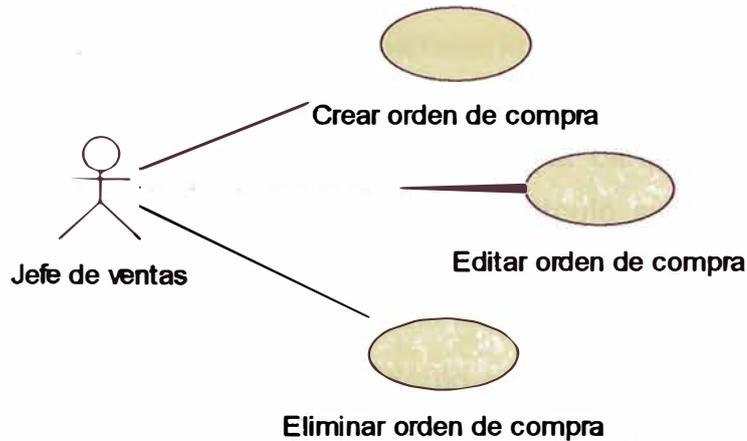


Figura 4.8 Casos de uso concretos del caso de uso abstracto Registrar Orden de compra.

a) Crear Orden de compra.

El actor solicita al sistema crear una Orden de compra.

El sistema asignará un número único de identificación a la nueva orden y presentará los siguientes datos:

- Nro de orden (defecto)
- Fecha (defecto)
- Cliente (defecto)
- Orden_artículo (vacía)
- Costo_total (=0)

El sistema debe solicitar al actor que ingrese los siguientes datos acerca de la nueva orden:

- Cliente (defecto)
- Para cada Orden_artículo
 - Nombre de artículo (vacío)
 - Cantidad (=0)

En cualquier momento el actor puede crear una nueva fila Orden_artículo, eliminarla o editarla según sea requerido e incluso cambiar de cliente. El requisito que debe cumplirse es que cuando la cantidad de artículos solicitados en la fila Orden_artículo sea actualizada y guardada, el Costo_total debe ser mostrado.

i. Crear Orden artículo.

Para este caso, el actor puede elegir guardar la información o cancelar la operación. Si el actor decide guardar la información la nueva fila Orden artículo es creada, el tipo de artículo seleccionado es añadido, la cantidad ordenada es guardada, el stock del tipo de artículo disponible es actualizado y la lista Orden_artículo es actualizada.

ii. Editar Orden artículo.

El actor puede elegir editar la información o cancelar la operación. Si el actor decide editar la información, una nueva cantidad es guardada, el tipo de artículo seleccionado es actualizado.

iii. Eliminar Orden artículo.

Si el actor elige esta opción, el sistema deberá eliminar la fila Orden artículo seleccionada y actualizar el stock disponible del tipo de artículo correspondiente.

El actor debe elegir guardar la información o cancelar la operación. Si el actor decide guardar la información la orden nueva es creada, la información es guardada y la lista de órdenes mostrada es actualizada. Si el actor

decide cancelar la operación, alguna Orden_artículo creada es eliminada y el stock del tipo de artículo es actualizado.

b) Editar Orden de compra.

Para este caso el actor solicita al sistema cambiar la información registrada de una orden. El sistema debe presentar los siguientes datos acerca de la orden seleccionada:

- Nro de orden (defecto)
- Fecha (defecto)
- Cliente (defecto)
- Para cada Orden artículo:
 - Nombre de artículo (defecto)
 - Cantidad (defecto)
- Costo_total (defecto)

En cualquier momento el actor puede eliminar una Orden_artículo ingresada o cambiar cliente. Cuando la cantidad ordenada de una Orden artículo es actualizada, el Costo_total debe ser mostrado.

El actor puede elegir guardar información o cancelar la operación. Si el actor decide guardar, la información editada es guardada. Si el actor decide cancelar la operación, alguna Orden_artículo es eliminada y el stock del tipo de artículo es actualizado.

c) Eliminar Orden de compra.

El actor solicita al sistema eliminar una o un grupo de órdenes seleccionadas. El actor debe aceptar o cancelar la operación.

Si el actor acepta la operación, el sistema elimina la orden u órdenes del sistema, actualiza el stock de artículos y actualiza la lista de órdenes registradas.

En la figura 4.9 se muestra el diagrama de colaboración del caso de uso crear orden de compra.

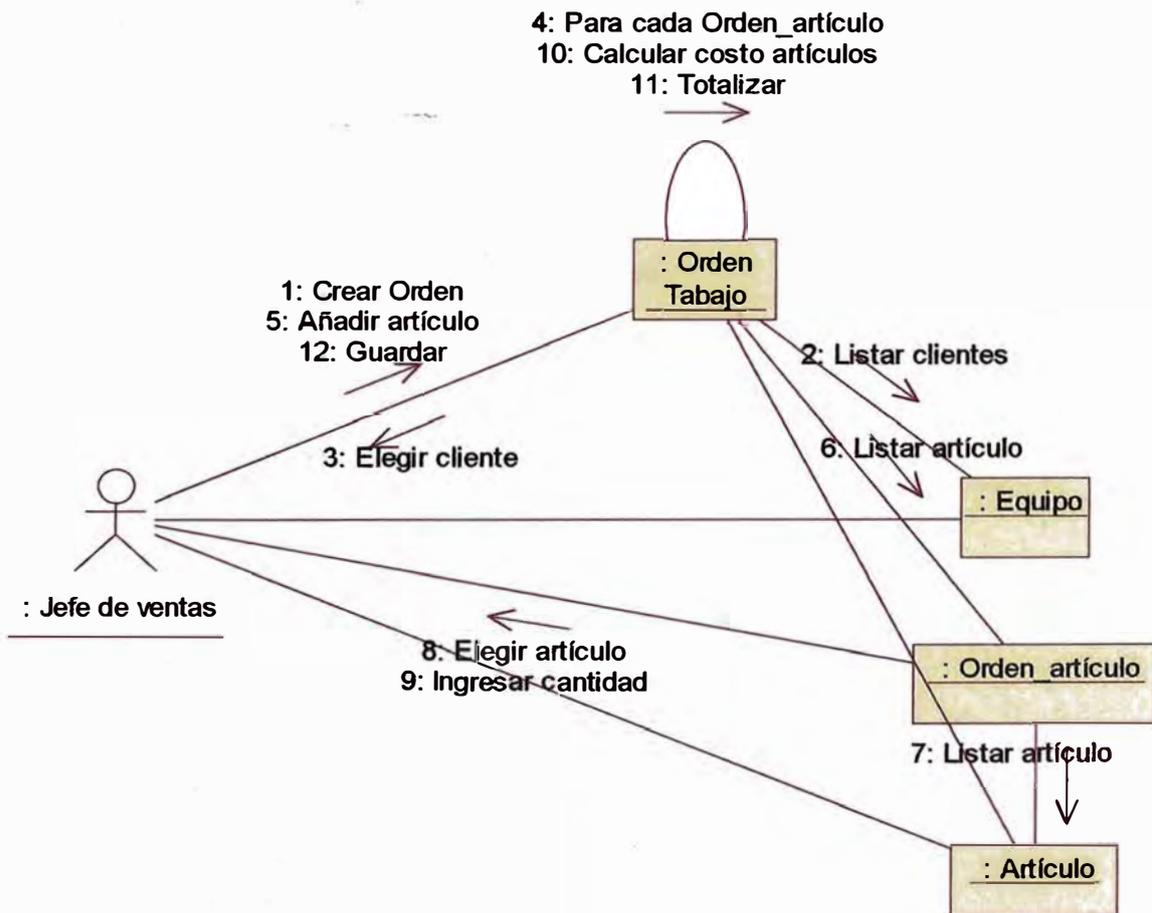


Figura 4.9 Diagrama de colaboración para el caso de uso crear Orden de compra.

La realización de los casos de uso crear, editar y eliminar órdenes compra incluyen a las clases frmOrden_de_compra, Orden_de_compra, Orden_artículo, Cliente y Artículo.

4.3.2.4. Registrar proceso.

En la figura 4.10 se muestran los casos de uso concretos del caso de uso abstracto Registrar proceso.

El caso de uso Registrar proceso representa una abstracción de los casos de uso concretos:

- Crear proceso.
- Editar proceso.
- Eliminar proceso.

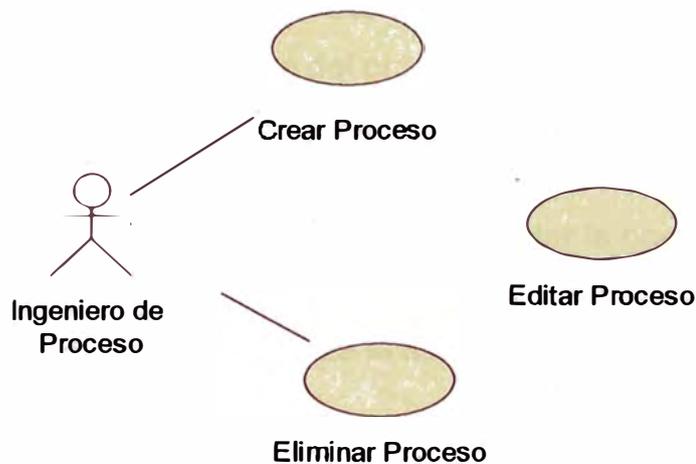


Figura 4.10 Casos de uso concretos del caso de uso abstracto Registrar proceso.

a) Crear proceso.

El actor solicita crear un proceso.

El sistema asignará una única identificación al nuevo proceso y presentará los siguientes datos:

- Cod_proceso (defecto)
- Nombre del proceso (vacío)
- Tiempo de ciclo teórico (=0)

El actor debe elegir guardar la información o cancelar la operación. Si el actor decide guardar la información un proceso nuevo es creado, la información es guardada y la lista de procesos mostrada es actualizada. Si el actor decide cancelar la operación, ningún proceso es creado.

b) Editar proceso.

El actor solicita al sistema editar la información registrada de un proceso. El sistema presenta y permite al actor cambiar alguno de los siguientes datos:

- Cod_proceso (defecto)
- Nombre del proceso (defecto)
- Tiempo de ciclo teórico (defecto)

El actor debe aceptar o cancelar la operación. Si el actor acepta la operación, el sistema guarda la información editada y actualiza la lista de procesos registrados.

c) Eliminar proceso

El actor solicita al sistema eliminar uno o un grupo procesos seleccionados. El actor debe aceptar o cancelar la operación. Si el actor acepta la operación, el sistema elimina el proceso o procesos del registro y actualiza la lista de procesos registrados.

La realización de los casos de uso crear, editar y eliminar procesos implican a la clase interfaz frmProceso y la clase entidad Proceso.

4.3.2.5. Registrar orden de producción.

En la figura 4.11 se muestran los casos de uso concretos del caso de uso abstracto Registrar orden de producción.

El caso de uso Registrar orden de producción representa una abstracción de los casos de uso concretos:

- Crear Orden de producción.
- Editar Orden de producción.
- Eliminar Orden de producción.

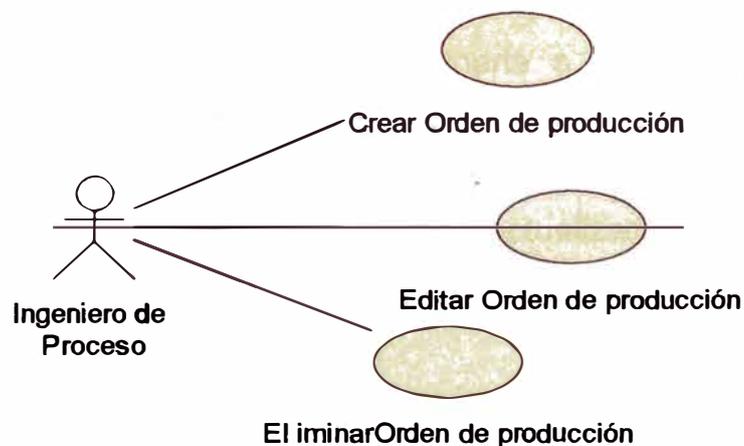


Figura 4.11 Casos de uso concretos del caso de uso abstracto Registrar orden de producción.

a) Crear Orden de producción.

El actor solicita crear una orden.

El sistema asignará un número único de identificación a la nueva orden y presentará los siguientes datos:

- Nro de orden (defecto)

- Fecha (defecto)
- Estación (defecto)
- Orden_proceso (vacía)
- Tiempo total (=0)

El sistema debe solicitar al actor que ingrese los siguientes datos acerca de la nueva orden:

- Para cada Orden_proceso
 - Nombre del proceso (vacío)
 - Parada planificada (=0)
 - Tiempo de parada (=0)
 - Tiempo de ciclo teórico (=0)
 - Cantidad de productos (=0)

En cualquier momento el actor puede crear una nueva fila Orden_ Proceso, eliminarla o editarla según sea requerido e incluso cambiar de estación. El requisito que debe cumplirse es que cuando la cantidad de productos en la fila Orden_proceso sea actualizada y guardada, el Tiempo de operación total debe ser mostrado.

i. Crear Orden_proceso.

Para este caso, el actor puede elegir guardar la información o cancelar la operación. Si el actor decide guardar la información la nueva fila Orden_proceso es creada, el Nombre del proceso y los valores de Parada planificada, Tiempo de parada, Tiempo de ciclo teórico, Cantidad de productos son añadidos, el Tiempo de operación es calculado y la lista Orden_proceso mostrada es actualizada.

ii. Editar Orden_proceso.

El actor puede elegir editar la información o cancelar la operación. Si el actor decide editar la información, el Nombre del proceso seleccionado y nuevos valores de Parada planificada, Tiempo de parada, Tiempo de ciclo teórico, Cantidad de productos son guardados y el Tiempo de operación es actualizado.

iii. Eliminar Orden_proceso.

Si el actor elige esta opción, el sistema deberá eliminar la fila Orden_proceso.

El actor debe elegir guardar la información o cancelar la operación. Si el actor decide guardar la información la orden nueva es creada, la información es guardada y la lista de órdenes mostrada es actualizada. Si el actor decide cancelar la operación, alguna Orden_proceso creada es eliminada.

b) Editar Orden de producción.

Para este caso el actor solicita al sistema cambiar la información registrada de una orden. El sistema debe presentar los siguientes datos acerca de la orden seleccionada:

- Nro de orden (defecto)
- Fecha (defecto)
- Estación (defecto)
- Para cada Orden_proceso:
 - Nombre del proceso (defecto)
 - Parada planificada (defecto)
 - Tiempo de parada (defecto)

- Tiempo de ciclo teórico (defecto)
- Cantidad de productos (defecto)

En cualquier momento el actor puede eliminar una Orden_proceso o cambiar de estación. Cuando la cantidad de productos de una Orden_proceso es actualizada, el Tiempo de operación debe ser mostrado.

- o El actor puede elegir guardar información o cancelar la operación. Si el actor decide guardar, la información editada es guardada. Si el actor decide cancelar la operación, alguna Orden_proceso es eliminada.

c) Eliminar Orden de producción.

El actor solicita al sistema eliminar una o un grupo de órdenes seleccionadas. El actor debe aceptar o cancelar la operación. Si el actor acepta la operación, el sistema elimina la orden u órdenes del sistema.

4.3.2.6. Consolidar Orden de producción.

El caso de uso se inicia cuando el operador de máquina solicita al sistema cambiar o confirmar la información registrada de una orden.

El sistema debe presenta los siguientes datos acerca de la orden seleccionada:

- Nro de orden (defecto)
- Fecha (defecto)
- Estación (defecto)
- Tiempo total (defecto)
- Para cada Orden_proceso:

- Nombre del proceso (defecto)
- Parada planificada (defecto)
- Tiempo de parada (defecto)
- Tiempo de ciclo teórico (defecto)
- Cantidad de productos (defecto)
- Tiempo de operación (defecto)
- Cantidad productos buenos (defecto)
- Para cada Orden_Valor_real
 - Tiempo_ciclo_actual (=0)
 - Cantidad (=0)
 - Tiempo_proceso_actual (=0)

En cualquier momento el actor puede actualizar una Orden_proceso ingresada. Cuando la cantidad procesada de una Orden_proceso es actualizada, el Tiempo de operación debe ser actualizado.

Al término del tiempo de operación el actor debe elegir la opción capturar datos. El Tiempo de ciclo actual, la cantidad de productos y el Tiempo de proceso actual deben ser actualizados. Los indicadores deben ser calculados.

En la figura 4.12 se muestra el diagrama de colaboración para el caso de uso consolidar orden de producción. La realización del caso de uso consolidar órdenes de producción incluye a las clases Orden_producción, Orden_ proceso, Rendimiento, Orden_Valor_real, e Interfaz_OPC.

4.3.2.7. Administrar la comunicación.

Se refiere a una transacción o conjunto de actividades que son realizadas ya sea totalmente o no y que son invocadas por un estímulo del actor al sistema para establecer la comunicación

entre una PC y una estación de control de procesos o medidor industrial.

La comunicación entre la estación de control de procesos, como es el caso de un CNC por ejemplo y la PC, puede establecerse en forma asíncrona o síncrona.

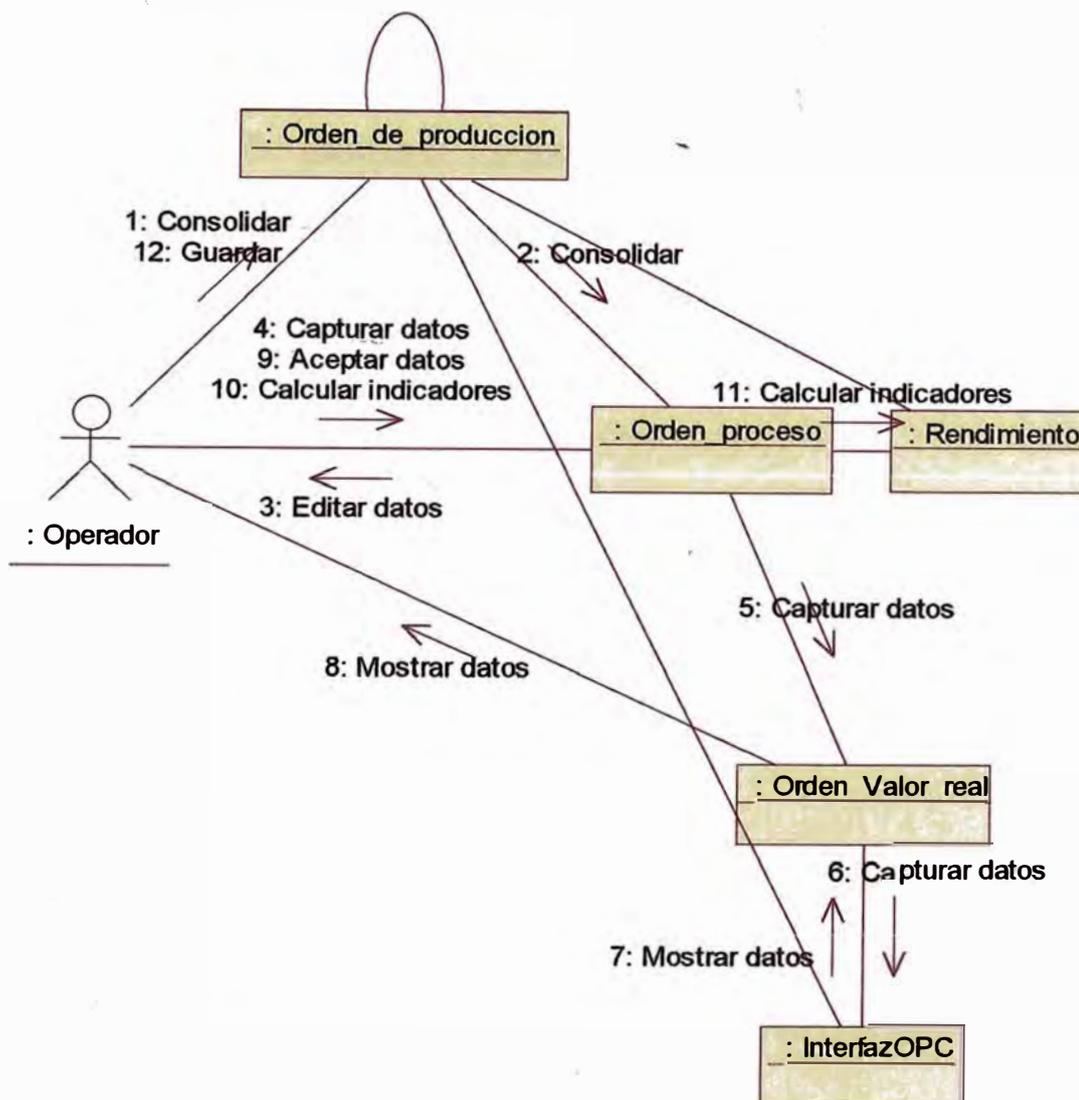


Figura 4.12 Diagrama de colaboración para el caso de uso Consolidar orden de producción.

Pueden transferirse programas de proceso desde la PC hacia el CNC o viceversa. También puede establecerse el control DNC (Control numérico directo) para controlar el CNC desde la PC mediante un servidor OPC, que se encarga de poner a disposición los datos del PLC a un cliente OPC.

Los datos solicitados por el operador, son obtenidos de la estación de trabajo de control de procesos permitiendo la integración.

4.3.2.8. Registrar equipo.

En la figura 4.13 se muestran los casos de uso concretos del caso de uso abstracto Registrar equipo.

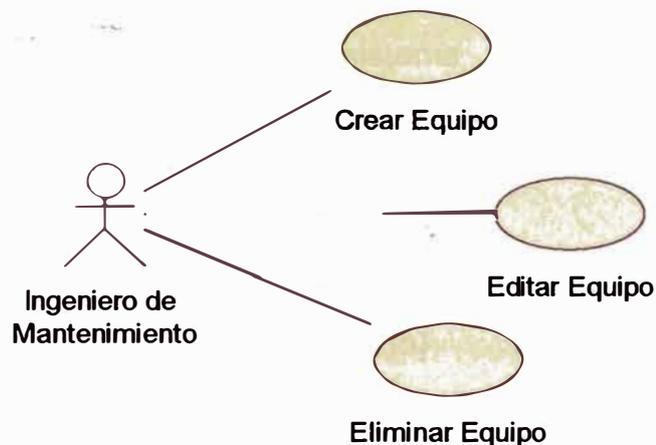


Figura 4.13 Casos de uso concretos del caso de uso abstracto Registrar equipo.

El caso de uso Registrar equipo representa una abstracción de los casos de uso concretos:

- Crear equipo.
- Editar equipo.
- Eliminar equipo.

a) Crear equipo.

El actor solicita al sistema añadir un equipo al registro de equipos. El sistema presenta los siguientes datos, los mismos que también pueden ser cambiados por el actor.

- Cod_Equipo (defecto)
- Nombre (vacío)
- Centro Costo (vacío)

El actor puede elegir guardar la información o cancelar la operación. Si el actor decide guardar la información un nuevo equipo es creado en el registro, la información es guardada y la lista de equipos es actualizada.

b) Editar equipo.

El actor solicita al sistema editar la información registrada de un equipo. El sistema presenta y debe permitir al actor cambiar los siguientes datos:

- Cod_Equipo (defecto)
- Nombre (defecto)
- Centro Costo (defecto)

El actor debe aceptar o cancelar la operación. Si el actor acepta la operación, el sistema guarda la información cambiada y actualiza la lista de equipos registrados.

c) Eliminar equipo.

El actor puede solicitar al sistema eliminar uno o algunos equipos seleccionados. El actor debe aceptar o cancelar la operación. Si el actor acepta la operación, el sistema elimina el equipo o equipos del registro y actualiza la lista de equipos registrados.

La realización del caso de uso registrar equipo implica a la clase interfaz frmEquipo y la clase entidad Equipo.

4.3.2.9. Registrar tarea.

En la figura 4.14 se muestran los casos de uso concretos del caso de uso abstracto Registrar tarea.

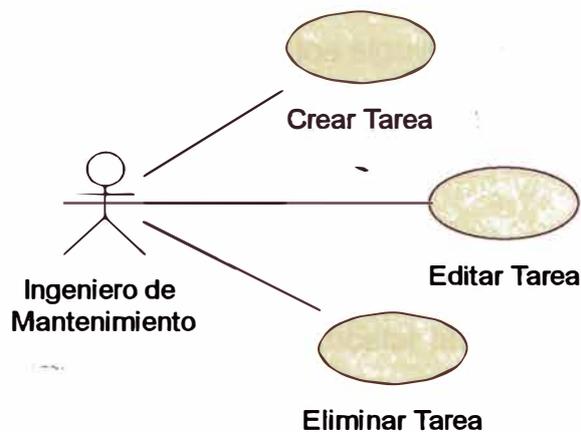


Figura 4.14 Casos de uso concretos del caso de uso abstracto Registrar tarea.

El caso de uso Registrar tarea representa una abstracción de los casos de uso concretos:

- Crear tarea.
- Editar tarea.
- Eliminar tarea.

a) Crear tarea.

El actor solicita al sistema crear una tarea en el registro de tareas. El sistema presenta y solicita al actor cambiar alguna de los siguientes datos:

- Cod_Tarea (defecto)
- Descripción (vacío)
- Costo (vacío)

El actor puede elegir guardar la información o cancelar la operación. Si el actor decide guardar la información una nueva tarea es creada en el registro, la información es guardada y la lista mostrada de tareas es actualizada.

b) Editar tarea.

El actor solicita al sistema editar la información registrada de una tarea. El sistema presenta y permite al actor cambiar alguno de los siguientes datos:

- Cod_Tarea (defecto)
- Descripción (defecto) -
- Costo (defecto)

El actor debe aceptar o cancelar la operación. Si el actor acepta la operación, el sistema guarda la información editada y actualiza la lista de tareas registradas.

c) Eliminar tarea.

El actor solicita al sistema eliminar una o más tareas seleccionadas. El actor debe aceptar o cancelar la operación. Si el actor acepta la operación, el sistema elimina la tarea o tareas del registro y actualiza la lista de tareas registradas.

La realización de los casos de uso registrar, editar y eliminar tarea implican a la clase interfaz frmTarea y la clase entidad Tarea.

4.3.2.10. Registrar repuesto.

En la figura 4.15 se muestran los casos de uso concretos del caso de uso abstracto Registrar repuesto.

El caso de uso Registrar repuesto representa una abstracción de los casos de uso concretos:

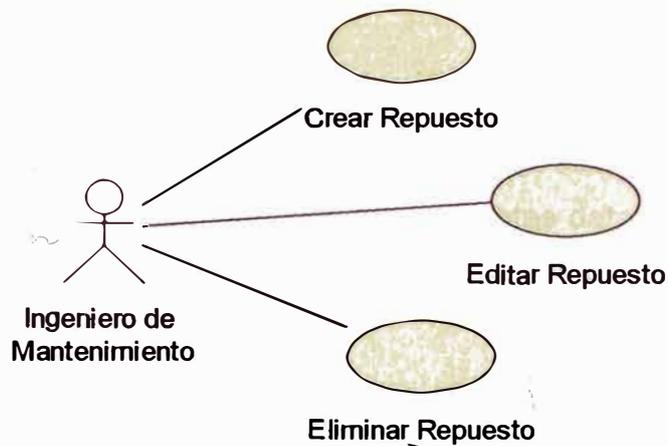


Figura 4.15 Casos de uso concretos del caso de uso abstracto Registrar repuesto.

- Crear repuesto.
- Editar repuesto.
- Eliminar repuesto.

a) Crear repuesto.

El actor solicita al sistema crear un nuevo tipo de repuesto. El sistema presenta y solicita al actor llenar los siguientes datos:

- Cod_Repuesto (defecto)
- Nombre (defecto)
- Cantidad (=0)
- Costo (=0)
- Descripción (vacío)

El actor puede elegir guardar la información o cancelar la operación. Si el actor decide guardar la información, el tipo de repuesto nuevo es creado en el registro, la

información es guardada y la lista de tipos de repuesto es actualizada.

b) Editar repuesto.

El actor solicita al sistema editar la información acerca de un tipo de repuesto. El sistema presenta y permite al actor cambiar alguno de los siguientes datos:

- Cod_Repuesto (defecto)
- Nombre (defecto)
- Cantidad (defecto)
- Costo (defecto)
- Descripción (defecto)

El actor debe aceptar o cancelar la operación. Si el actor acepta la operación, el sistema guarda la información editada y actualiza la lista de repuestos disponibles.

c) Eliminar repuesto.

El actor solicita al sistema eliminar uno o varios tipos de repuestos seleccionados. El actor debe aceptar o cancelar la operación. Si el actor acepta la operación el sistema elimina el tipo o tipos de repuesto del registro de tipos de repuesto disponible y actualiza la lista de repuestos disponibles.

4.3.2.11. Registrar OT.

En la figura 4.16 se muestran los casos de uso concretos del caso de uso abstracto Registrar OT.

El caso de uso Registrar OT (orden de trabajo) representa una abstracción de los casos de uso concretos:

- Crear OT.
- Editar OT.
- Eliminar OT.

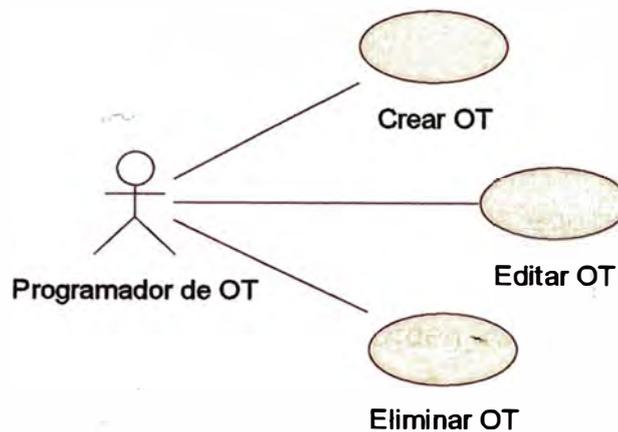


Figura 4.16 Casos de uso concretos del caso de uso abstracto Registrar OT.

a) Crear OT.

El actor solicita al sistema crear una OT. El sistema asignará un número único de identificación a la nueva orden y presentará los siguientes datos:

- Nro de orden (defecto)
- Fecha (defecto)
- Equipo (defecto)
- Orden_repuesto (vacía)
- Orden_tarea (vacía)
- Costo_total (=0)

El sistema debe solicitar al actor que ingrese los siguientes datos acerca de la nueva orden:

- Equipo
- Para cada Orden_repuesto

- Tipo de repuesto
- Cantidad
- Para cada Orden tarea
 - Tipo de tarea
 - Horas_hombre

En cualquier momento el actor puede crear una nueva fila Orden_ repuesto, eliminarla o editarla según sea requerido e incluso cambiar de equipo. El requisito que debe cumplirse es que cuando la cantidad de repuestos solicitados en la fila Orden_ repuesto y la cantidad de Horas_hombre en la fila Orden_tarea sea actualizada y guardada, el Costo_total debe ser mostrado.

i. Crear Orden_ repuesto.

Para este caso, el actor puede elegir guardar la información o cancelar la operación. Si el actor decide guardar la información la nueva fila Orden_ repuesto es creada, el tipo de repuesto seleccionado es añadido, la cantidad ordenada es guardada, el stock del tipo de repuesto disponible es actualizado y la lista Orden_ repuesto es actualizada.

ii. Editar Orden_ repuesto.

El actor puede elegir editar la información o cancelar la operación. Si el actor decide editar la información, una nueva cantidad es guardada, el tipo de repuesto seleccionado es actualizado.

iii. Eliminar Orden_ repuesto.

Si el actor elige esta opción, el sistema deberá eliminar la fila Orden_ repuesto seleccionada y

actualizar el stock disponible del tipo de repuesto correspondiente.

iv. Crear Orden tarea.

Para este caso, el actor puede elegir guardar la información o cancelar la operación. Si el actor decide guardar la información la nueva fila Orden_tarea es creada, el tipo de tarea seleccionada es añadido, la cantidad de horas hombre es guardada, y la lista Orden_tarea es actualizada.

v. Editar Orden tarea.

El actor puede elegir editar la información o cancelar la operación. Si decide editar la información, el tipo de tarea seleccionada es actualizada, la cantidad de horas hombre es guardada, y la lista Orden_tarea es actualizada.

vi. Eliminar Orden tarea.

Si el actor elige esta opción, el sistema deberá eliminar la fila Orden_tarea seleccionada y actualizar el total de horas hombre.

El actor debe elegir guardar la información o cancelar la operación. Si el actor decide guardar la información la orden nueva es creada, la información es guardada y la lista de órdenes mostrada es actualizada. Si el actor decide cancelar la operación, alguna Orden_repuesto ú Orden tarea creada es eliminada y el stock del tipo de repuestos así como las Horas hombre son actualizados.

d) Editar OT.

Para este caso el actor solicita al sistema cambiar la información registrada de una orden. El sistema debe presentar los siguientes datos acerca de la orden seleccionada:

- Nro de orden
- Fecha
- Equipo
- Para cada Orden_repuesto:
 - Tipo de repuesto
 - Cantidad
- Para cada Orden_tarea:
 - Tipo de tarea
 - Horas_hombre
- Costo_total

En cualquier momento el actor puede eliminar una Orden_repuesto o actualizar una Orden_repuesto ingresada o cambiar equipo. Cuando la cantidad ordenada de una Orden_repuesto es actualizada, el Costo_total debe ser mostrado.

El actor puede elegir guardar información o cancelar la operación. Si el actor decide guardar, la información editada es guardada. Si el actor decide cancelar la operación, alguna Orden_repuesto es eliminada y el stock del tipo de repuesto es actualizado.

e) Eliminar OT.

El actor solicita al sistema eliminar una o un grupo de órdenes seleccionadas.

El actor debe aceptar o cancelar la operación. Si el actor acepta la operación, el sistema elimina la orden u órdenes del sistema, actualiza el stock de repuestos y actualiza la lista de órdenes registradas.

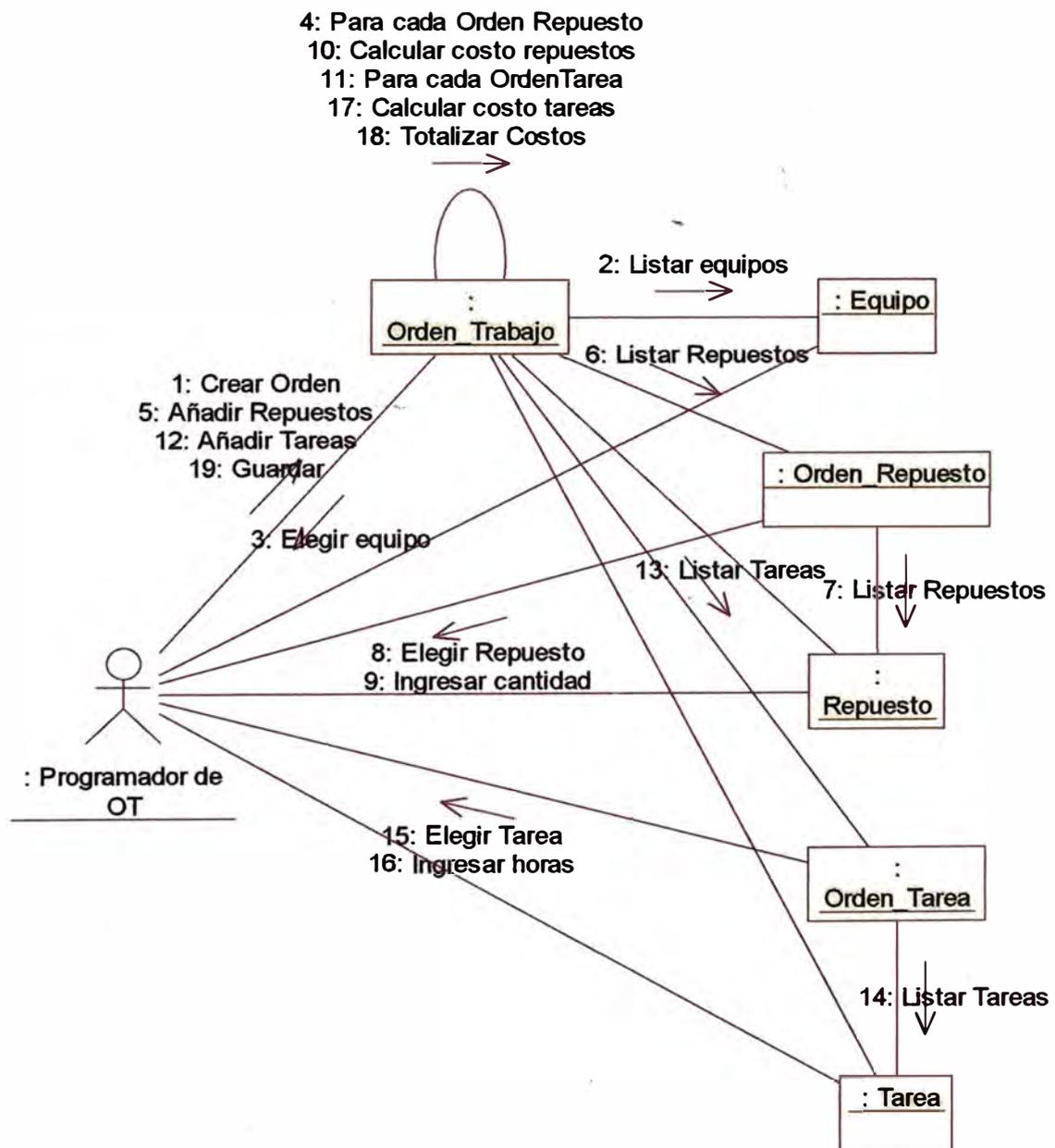


Figura 4.17 Diagrama de colaboración para el caso de uso crear OT.

En la figura 4.17 se muestra el diagrama de colaboración del caso de uso crear OT.

La realización de los casos de uso crear, editar y eliminar órdenes de trabajo de mantenimiento incluyen a las clases Orden_trabajo, Orden_repuesto, Orden_tarea, Equipo, Repuesto y Tarea.

4.3.2.12. Generar OT.

La generación de órdenes de trabajo por mantenimiento preventivo (plan de mantenimiento) es efectuada por fecha, por disponibilidad de equipo o por lectura de medidores de tiempo de funcionamiento, en tiempo real.

En la figura 4.18 se muestra el diagrama de colaboración para el caso de uso generar OT.

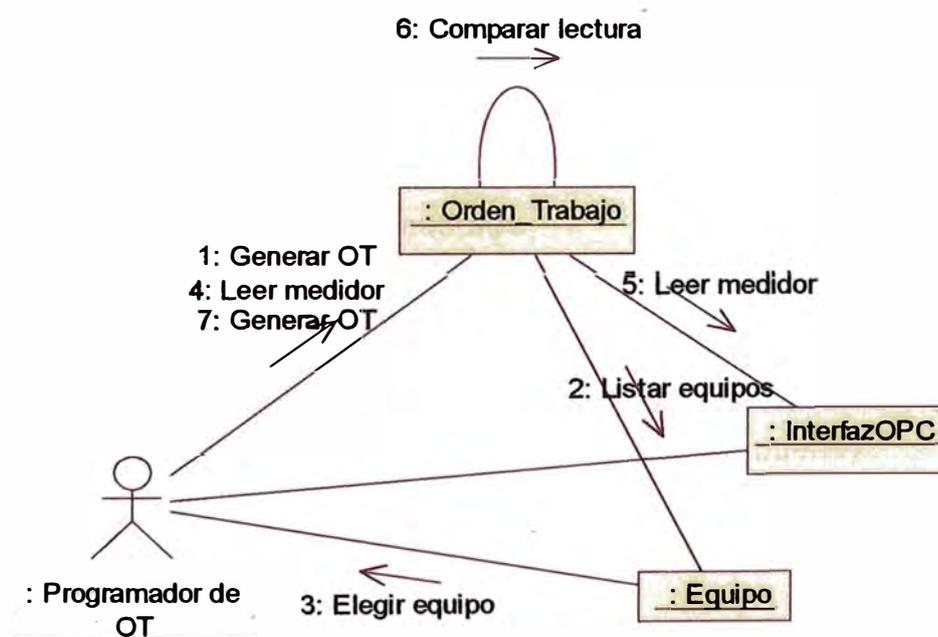


Figura 4.18 Diagrama de colaboración para el caso de uso Generar OT.

Para la creación del plan de mantenimiento el sistema muestra algún equipo y el usuario puede seleccionar e ingresar una cantidad de horas de funcionamiento para mantenimiento preventivo.

Cuando el objeto de dialogo de mantenimiento evalúa la cantidad de horas de funcionamiento en tiempo real proveniente del medidor de tiempo de funcionamiento o del servidor OPC, por comparación retorna un valor booleano de que este ha sido alcanzado y se genera la orden de trabajo de mantenimiento.

4.3.2.13. Consultar indicadores.

El caso de uso comienza cuando el Ingeniero de mantenimiento solicita al sistema mostrar todos los datos relativos a los eventos de los equipos. El sistema muestra entonces el valor de las variables actuales.

El actor puede a la vez seleccionar alguna variable y hacer lo siguiente:

- Verificar indicadores.
- Actualizar indicadores

Con la posibilidad de comparar y relacionar indicadores y eventos. Si el actor decide guardar, la información consolidada es guardada. Si el actor decide cancelar la operación, la Orden no es actualizada.

4.3.3. PAQUETES DEL ANÁLISIS.

En la figura 4.19 se muestra el sistema de software organizado como tres paquetes, uno que soporta la gestión de órdenes de compra, un segundo paquete que soporta la gestión de órdenes de producción y

el otro, la gestión de órdenes de trabajo de mantenimiento. Cada uno de estos paquetes agrupa los casos de uso de los requerimientos funcionales del sistema.

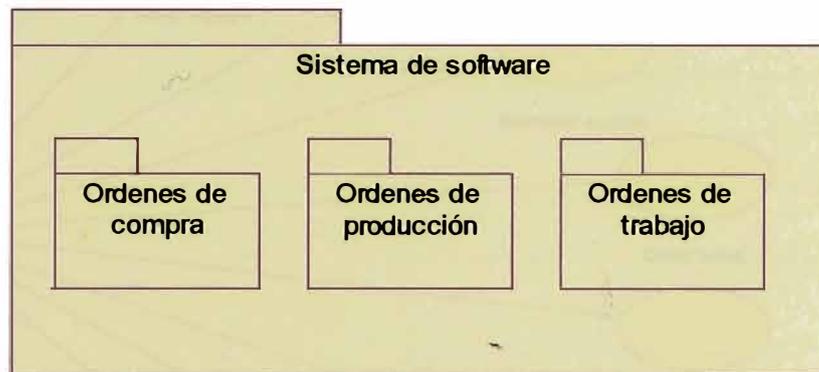


Figura 4.19 Paquetes del análisis del Sistema de software

En las figuras 4.20; 4.21 y 4.22 se muestra el contenido de los paquetes órdenes de compra, órdenes de trabajo de mantenimiento, y órdenes de producción.

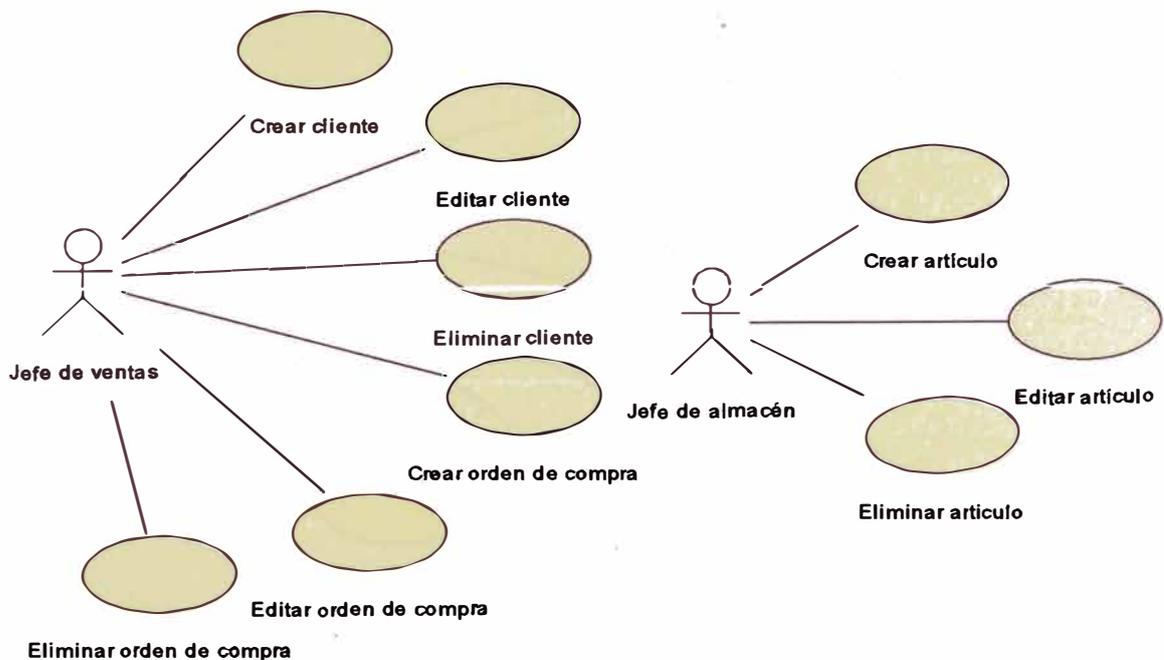


Figura 4.20 Contenido del paquete de análisis órdenes de compra.

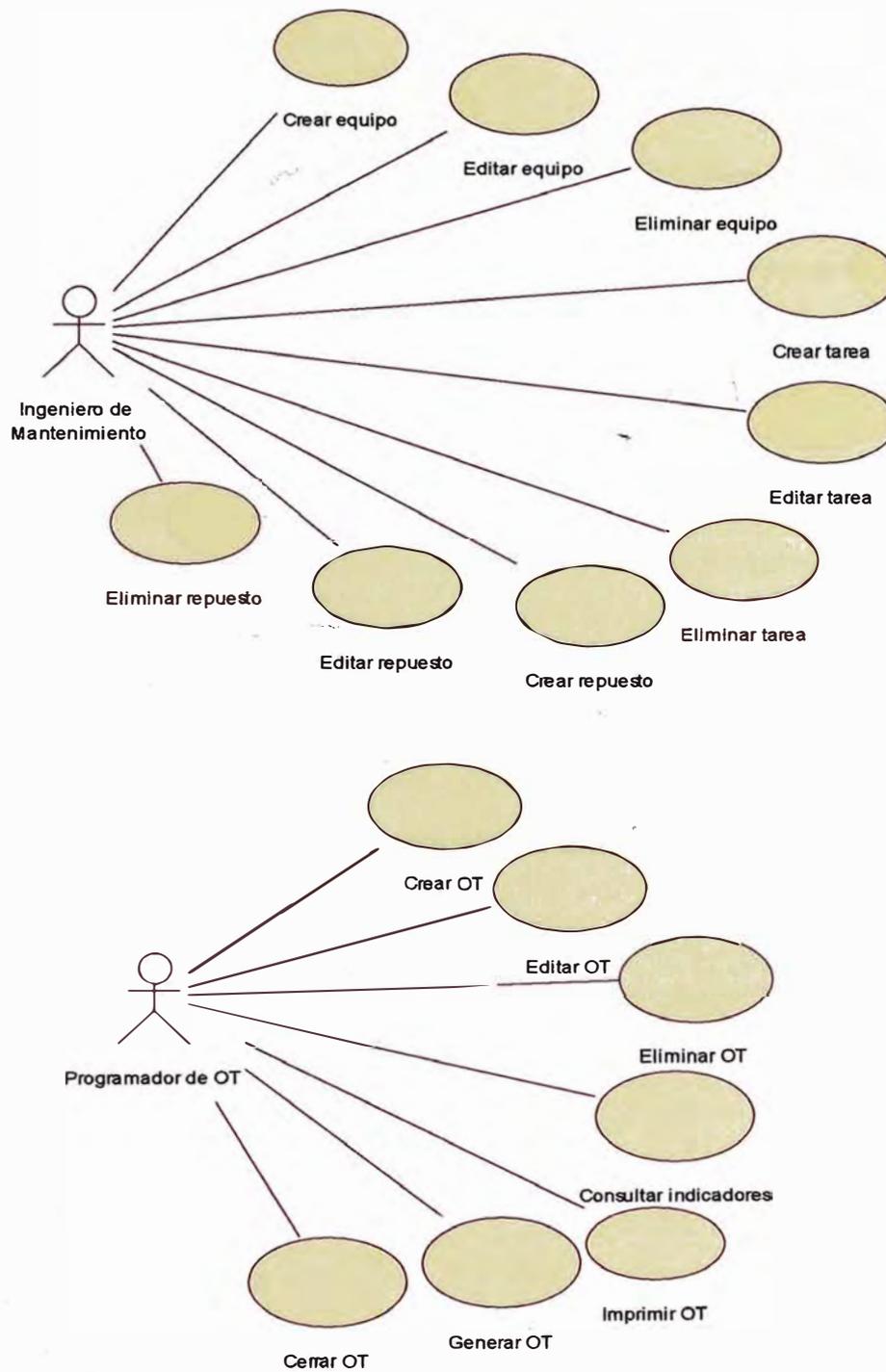


Figura 4.21 Contenido del paquete de análisis órdenes de trabajo.

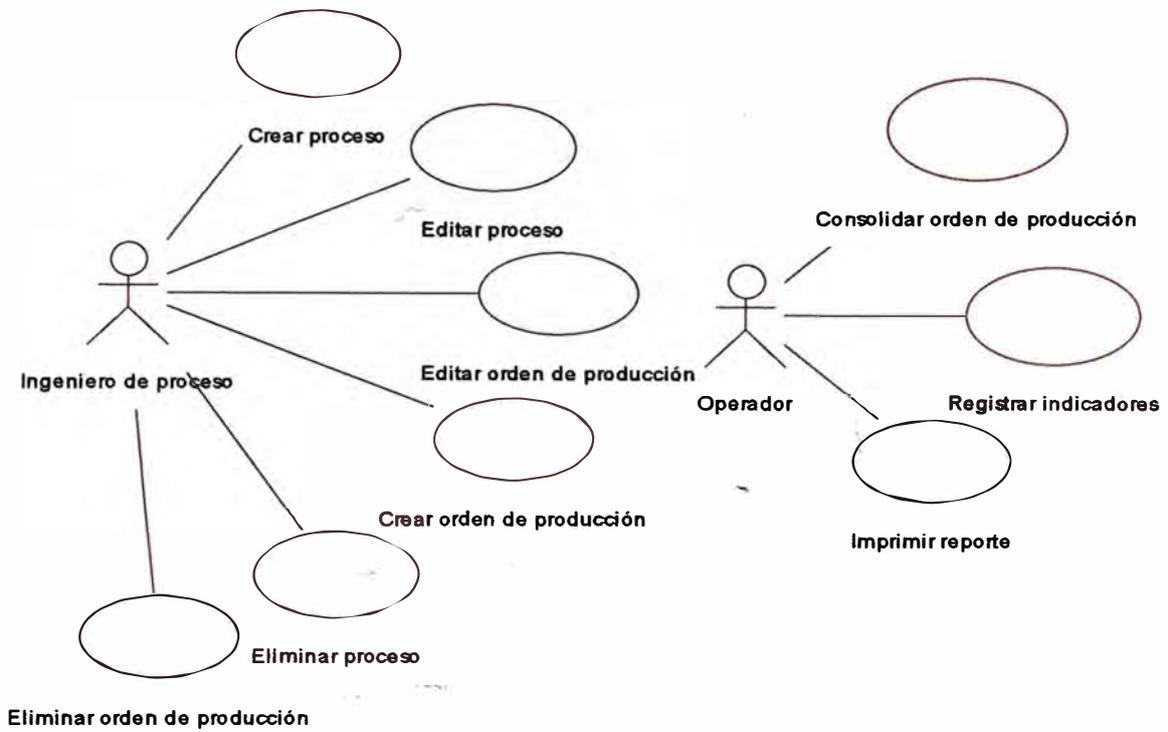


Figura 4.22 Contenido del paquete de análisis órdenes de producción

CAPÍTULO V

DISEÑO DEL SISTEMA

5.1. INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Como se ha visto en el capítulo anterior, además de la información administrativa referente a equipos, repuestos y tareas, la planificación de mantenimiento, el control de procesos y en general todos los subsistemas manejan datos de variables de proceso en tiempo real, las mismas que pueden provenir de las estaciones de trabajo de los sistemas de control de procesos o directamente de medidores.

5.1.1. MEDIDOR INDUSTRIAL.

Los medidores industriales [Creuss, 1998] captan la variable de proceso y la convierten en una señal eléctrica, la cual debe ser convertida luego en formato digital compatible con el procesador mediante un convertidor análogo digital (A/D). La información de la variable de proceso se muestra en el indicador y puede estar disponible para uso en el sistema de mantenimiento u otro sistema a través del puerto de comunicaciones.

En la figura 5.1 se muestra el diagrama de secuencia para un medidor industrial.

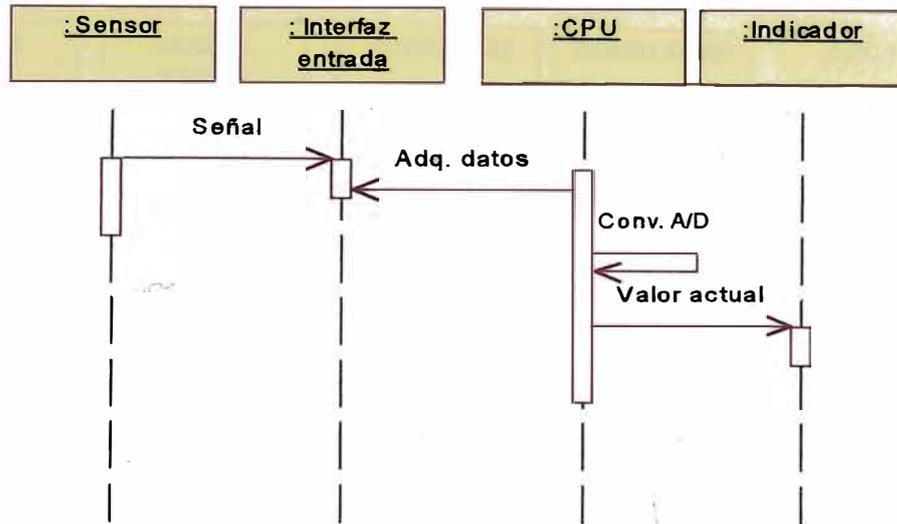


Figura 5.1 Diagrama de secuencia para un medidor industrial.

5.1.2. ESTACIÓN DE CONTROL DE PROCESOS.

Dependiendo de la aplicación, las estaciones de control de procesos pueden contener uno o más lazos cerrados [Ogata, 1998], para el control las de variables de proceso.

En el caso de empresas de manufactura, las estaciones pueden emplear controladores PLC, CNC o pueden ser supervisados mediante sistemas SCADA. Además, tal como se mencionó en el Capítulo IV, estos sistemas de control operan en tiempo real y pueden, por lo tanto ser clasificados como secuenciales o concurrentes.

En la figura 5.2 se muestra el diagrama de secuencia para un sistema de control de procesos.

El mensaje del sensor, el cual detecta cambios en la variable de proceso, es enviado hacia el controlador a través de la interfaz de entrada.

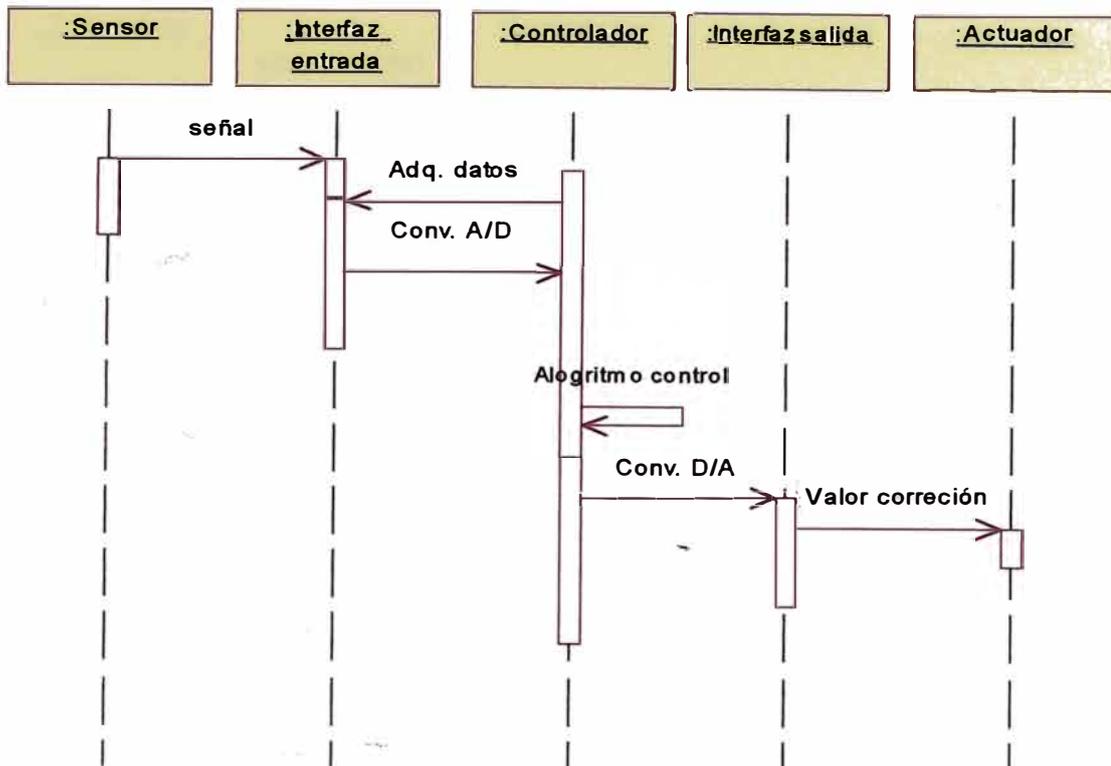


Figura 5.2 Diagrama de secuencia del sistema de control de procesos.

Dependiendo del valor de referencia y del algoritmo de control (típicamente un algoritmo PID), se produce un resultado en el controlador. El controlador envía un mensaje de corrección al actuador. La variable de proceso se mantiene dentro de los límites establecidos en el controlador.

En el caso de las estaciones CNC y en general en servomecanismos, las variables de proceso son la posición y la velocidad. Además el número de variables y en consecuencia el número de actuadores por ejes a controlar, dependerá de la aplicación.

En la figura 5.3 se muestra el diagrama de secuencia para el control a través de la PC del operador o DNC (Control numérico directo).

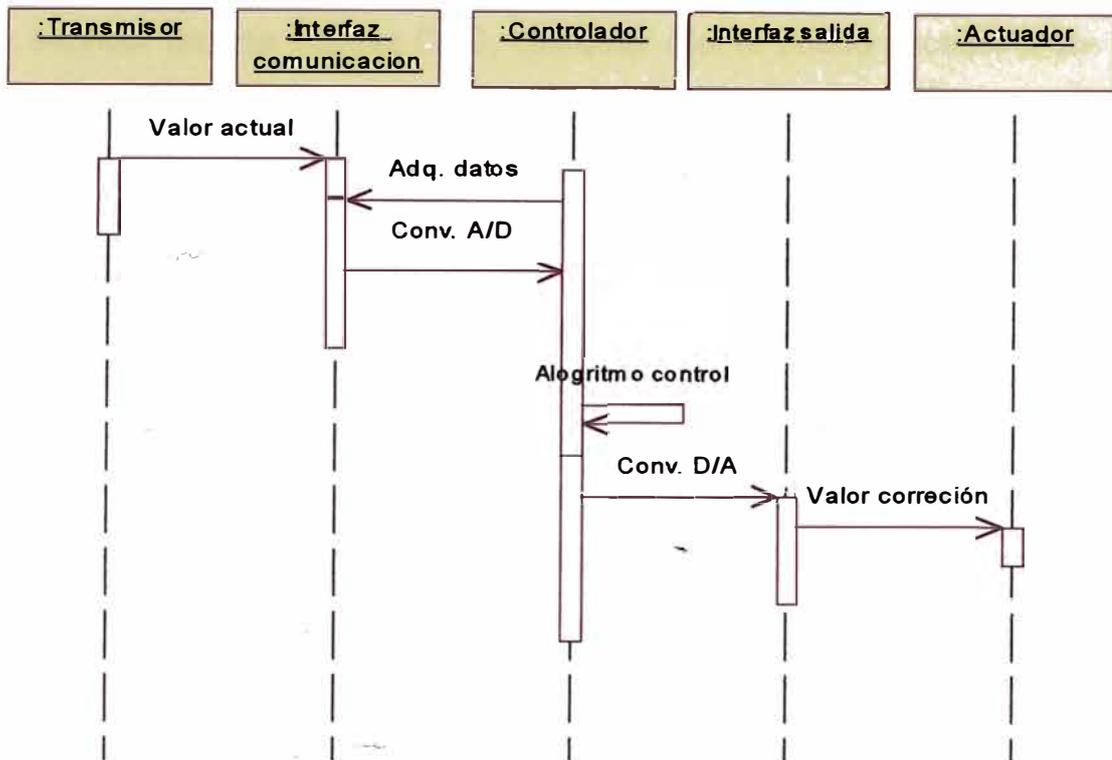


Figura 5.3 Diagrama de secuencia para el control DNC.

5.1.3. EL SERVIDOR OPC.

La fundación OPC (OLE for Process Control), dedicada a asegurar la interoperabilidad de equipos industriales, crea y mantiene especificaciones estándares que permiten que dispositivos automatización y control de diferentes fabricantes, tales como los mencionados anteriormente, se comuniquen entre sí.

Del mismo modo, estos estándares permiten que las aplicaciones de automatización y control se comuniquen con las aplicaciones administrativas, independientemente del fabricante.

Un servidor OPC (OPC Server) permite capturar las variables de proceso conectadas al PLC mediante estándares abiertos y enviarlos a cualquier aplicación cliente. Esto significa que es posible desarrollar

un servidor para acceder a los datos del PLC y si se provee al servidor de una interfaz OPC, cualquier cliente puede acceder a sus servicios.

5.2. MODELO DE IMPLEMENTACIÓN.

Para el diseño y construcción orientado a objetos es ideal el uso de vistas estáticas y dinámicas del modelo lógico y del modelo físico de la empresa, usado para capturar el producto en proceso y refinando estas vistas de modo que representen el problema dominio y software del sistema. El modelo multicapa contiene clases, casos de uso, objetos, paquetes lógicos, operaciones, componentes de paquetes, procesadores y dispositivos.

Cada uno de los elementos del modelo posee propiedades que lo identifican y lo caracterizan. La notación usada proporciona iconos gráficos que representan cada tipo de elemento del modelo y sus relaciones. En el modelo también se han considerado diagramas y especificaciones, las cuales proporcionan un medio de visualizar y manipular los elementos del modelo mismo y sus propiedades. Ya que los diagramas son usados para ilustrar múltiples vistas de un modelo, los iconos que representan un elemento del modelo pueden aparecer en ninguno, uno o muchos diagramas del modelo.

El primer paso es el diseño de las clases del sistema. El propósito de diseñar una clase es crear una clase de diseño que cumpla su papel en las realizaciones de los casos de uso y los requisitos no funcionales que se aplican a estos. Esto incluye el mantenimiento del diseño de clases en sí mismo y los siguientes aspectos:

- Métodos.
- Propiedades.
- Relaciones en las que participa.
- Eventos.
- Dependencias.

- Requisitos relevantes a su implementación.
- La realización de la interfaz.

5.3. MODELO DEL SISTEMA.

Para el sistema se ha encontrado el siguiente detalle de clases.

5.3.1. IMPLEMENTACIÓN DE CLASES.

5.3.1.1. Cliente.

La responsabilidad de la clase Cliente es la de encapsular los datos de Cliente y suministrar una interfaz para administrar un objeto Cliente de la base de datos.

El diagrama de la figura 5.4 muestra una vista de la clase Cliente en la cual se pueden observar sus propiedades y métodos.



Figura 5.4 Detalle de la clase Cliente.

Los atributos de la clase Cliente son:

Cod cliente

Un cliente, es identificado por un código de cliente.

Nombre

Es usado para indicar el nombre o razón social del cliente.

Dirección

Es un texto que indica la dirección del cliente.

RUC

Es usado para indicar el número de RUC del cliente.

5.3.1.2. Artículo.

La responsabilidad de la clase Artículo es la de encapsular los datos de Artículo y suministrar una interfaz para administrar un objeto Artículo de la base de datos. El diagrama de la Figura 5.5 muestra una vista de la clase Artículo en la cual se pueden observar sus propiedades y métodos.



Figura 5.5 Detalle de la clase Artículo.

Los atributos de la clase Artículo son:

Cod Artículo

Un artículo en stock, es identificado por un código de artículo.

Nombre

Es usado para indicar el nombre del artículo.

Descripción

Es un texto que describe características del artículo.

Costo

Es usado para indicar el costo del artículo. Este costo será cargado a un Cliente cuando adquiere un artículo.

Stock

Indica el número de artículos disponibles en almacén.

5.3.1.3. Orden artículo.

En la figura 5.6 se muestra el detalle para esta clase.

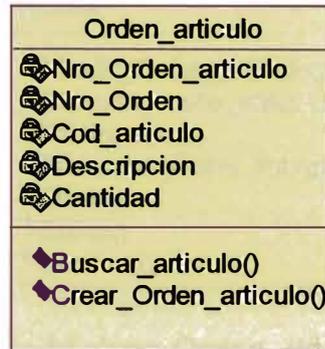


Figura 5.6 Detalle de la clase Orden_artículo.

La implementación de esta clase es la construcción como una colección en memoria de Artículos, sobre la base del almacenamiento de datos y mecanismos de separación en la base de datos.

5.3.1.4. Orden de compra.

La clase Orden_de_compra representa una orden de compra generada para un Cliente y persistentemente almacenada en la base de datos del sistema.

Una orden de compra es identificada usando un número único de identificación. Esta consiste de cero o más filas Orden_artículo que contienen la descripción y cantidad de cada artículo necesarios para la atención de la orden.

En la figura 5.7 se muestra el detalle de la clase Orden_de_compra.

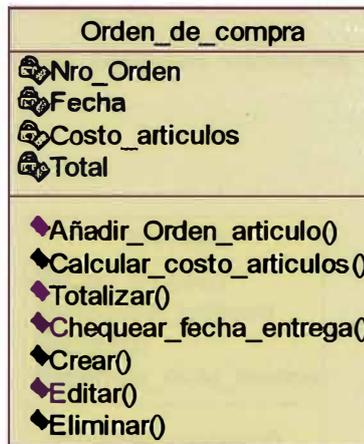


Figura 5.7 Detalle de la clase Orden_de_compra.

La responsabilidad de esta clase es la de permitir la visualización de las especificaciones de una orden.

5.3.1.5. Proceso .

La responsabilidad de la clase Proceso es la de encapsular los datos de Proceso y suministrar una interfaz para administrar un objeto Proceso de la base de datos.

Los atributos de la clase Proceso son:

Cod Proceso

Un proceso en el sistema es identificado por un código de proceso.

Nombre proceso

Es usado para indicar el nombre del proceso.

Equipo

Es usado para indicar el nombre del equipo o estación donde se ejecuta el proceso.

Tiempo ciclo teórico

Es usado para indicar el tiempo de duración de un ciclo del proceso.

El diagrama de la figura 5.8 muestra una vista de la clase Proceso en la cual se pueden observar sus propiedades y métodos.



Figura 5.8 Detalle de la clase Proceso.

5.3.1.6. Orden proceso.

En la figura 5.9 se muestra una vista de la clase Orden_proceso.

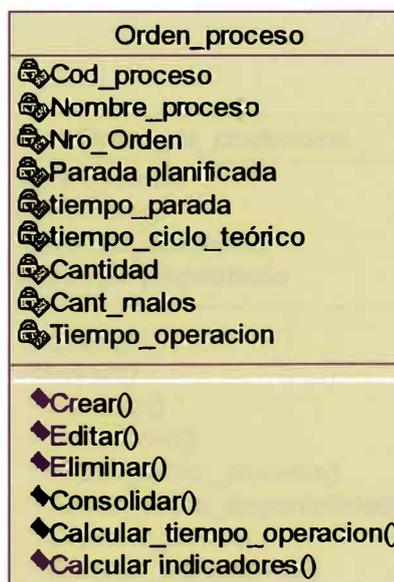


Figura 5.9 Detalle de la clase Orden_proceso.

La implementación de esta clase es la construcción de una colección en memoria de Procesos, que permite la creación y manipulación de los mismos.

5.3.1.7. Orden Valor real.

La responsabilidad de la clase Orden_Valor_real es la de encapsular los datos de las variables de proceso obtenidas del PLC a través de la clase Interfaz OPC. En la figura 5.10 se muestra el detalle para esta clase.

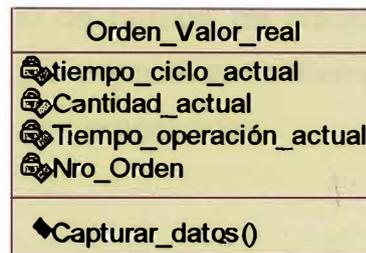


Figura 5.10 Detalle de la clase Orden_Valor_real

5.3.1.8. Orden de producción.

En la figura 5.11 se muestra el detalle de la clase Orden_de_producción.

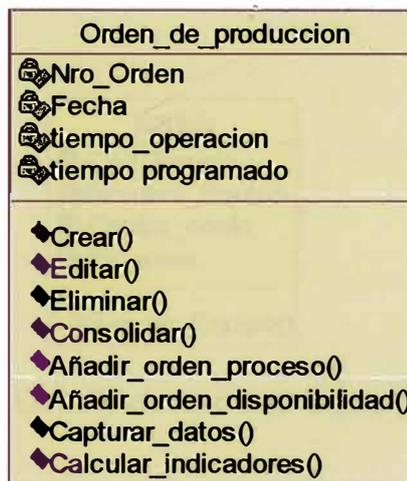


Figura 5.11 Detalle de la clase Orden_de_producción.

La clase Orden_de_producción representa una orden de producción generada para un equipo y persistentemente almacenada en la base de datos del sistema.

Una orden de producción es identificada usando un número único de identificación.

Esta consiste de una o más filas Orden_proceso que contienen la descripción de procesos, cantidad de productos y tiempos de ciclo; de cero o más filas Orden_disponibilidad, que especifican el tiempo de parada de equipo y una o más filas Orden_valor_real, que especifican el tiempo de operación real y cantidad de productos procesados.

5.3.1.9. Equipo.

La responsabilidad de la clase Equipo es la de encapsular los datos de Equipo y suministrar una interfaz para administrar un objeto Equipo de la base de datos.

El diagrama de la figura 5.12 muestra una vista de la clase Equipo en la cual se pueden observar sus propiedades y métodos.



Figura 5.12 Detalle de la clase Equipo.

Los atributos de la clase Equipo son:

Cod equipo

Un Equipo, es identificado por un código de equipo.

Nombre

Es usado para indicar el nombre del equipo o estación.

Centro de costo

Es usado para indicar el centro de costo del equipo.

Estación

Es usado para indicar la estación a la que pertenece el equipo.

5.3.1.10. Repuesto.

La responsabilidad de la clase Repuesto es la de encapsular los datos de Repuesto y suministrar una interfaz para administrar un objeto Repuesto de la base de datos. El diagrama de la figura 5.13 muestra una vista de la clase Repuesto en la cual se pueden observar sus propiedades y métodos.



Figura 5.13 Detalle de la clase Repuesto.

Los atributos de la clase Repuesto son:

Cod Repuesto

Un repuesto en stock, es identificado por un código de repuesto.

Nombre

Es usado para indicar el nombre del repuesto.

Descripción

Es un texto que describe características del repuesto.

Costo

Es usado para indicar el costo del repuesto. Este costo será cargado a un equipo cuando utiliza un repuesto.

Stock

Indica el número de repuestos disponibles en almacén.

5.3.1.11. Orden repuesto.

La implementación de esta clase es la construcción como una colección en memoria de Repuestos, sobre la base del almacenamiento de datos y mecanismos de separación en la base de datos.

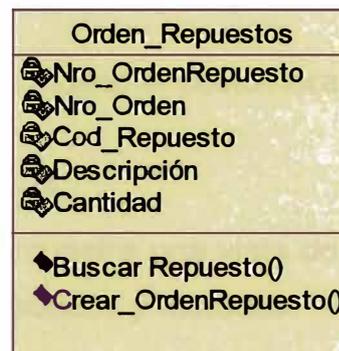


Figura 5.14 Detalle de la clase Orden_repuesto.

En la figura 5.14 se muestra el detalle para esta clase.

5.3.1.12. Tarea.

Esta clase encapsula los datos de las tareas de mantenimiento. En la figura 5.15 se muestra una vista de la clase Tarea mostrando sus propiedades y métodos.

Los atributos de la clase Tarea son:

Cod Tarea

Un a tarea es identificada por un código de tarea.



Figura 5.15 Detalle de la clase Tarea.

Descripción

Es usado para indicar la descripción de la tarea.

Especialidad

Es usado para indicar la especialidad del técnico.

Costo

Es usado para indicar el costo hora de la tarea.

5.3.1.13. Orden tarea.

En la figura 5.16 se muestra una vista de la clase Orden_tarea mostrando sus propiedades y métodos.



Figura 5.16 Detalle de la clase Orden_tarea.

La clase Orden_tarea, es conceptualmente una colección de tareas. La implementación de esta clase es la construcción como una colección en memoria de tareas, sobre la base del almacenamiento de datos y mecanismos de separación en la

base de datos. La interfaz proporciona indexación y operaciones relacionales transversales.

5.3.1.14. Orden_de_trabajo.

En la figura 5.17 se muestra el detalle de la clase Orden_de_trabajo.

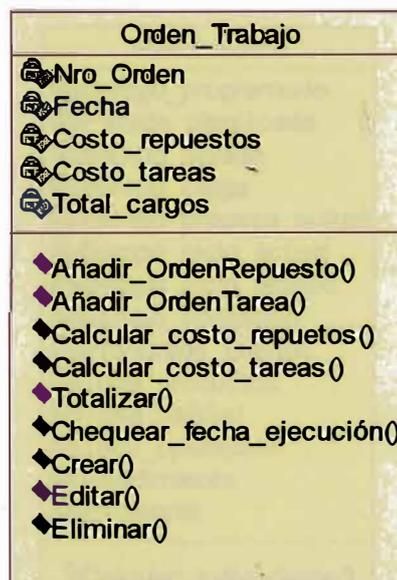


Figura 5.17 Detalle de la clase Orden_de_trabajo.

La clase Orden_de_trabajo representa una orden de trabajo generada para un equipo y persistentemente almacenada en la base de datos del sistema.

Una orden de trabajo es identificada usando un número único de identificación. Esta consiste de cero o más filas Orden_repuesto que contienen la descripción y cantidad de cada repuesto necesarios para la ejecución de la orden, de una o más filas Orden_tarea que especifican las tareas que han de ser realizadas y la cantidad de Horas-hombre asignadas.

La responsabilidad de esta clase es la de permitir la visualización de las especificaciones de una orden.

5.3.1.15. Rendimiento.

El diagrama de la figura 5.18 muestra una vista de la clase Rendimiento en la cual se pueden observar propiedades y métodos.



Figura 5.18 Detalle de la clase Rendimiento.

La clase Rendimiento permite efectuar los métodos para la evaluación de los parámetros de rendimiento y eficiencia de las máquinas, expuestos en la sección 2.4.

Los atributos de la clase Rendimiento son:

Tiempo programado

Es usado para indicar el tiempo programado de operación.

Parada planificada

Es usado para indicar la duración de una parada planificada.

Tiempo de parada

Es usado para indicar la duración de una parada no planificada.

Tiempo de carga

Usado para indicar el tiempo de carga o inicialización de máquina.

Tiempo de proceso actual

Es usado para indicar la duración de un proceso.

Tiempo de ciclo actual

Es usado para indicar la duración de un ciclo de procesamiento.

Tiempo ciclo teórico

Es usado para indicar la duración de un ciclo teórico.

Tiempo operación

Es usado para indicar el tiempo de operación.

Productos buenos

Indica la cantidad de productos buenos.

Total productos

Indica la cantidad total de productos.

Tasa calidad

Es usado para indicar la tasa de calidad.

Tasa operación

Es usado para indicar la tasa de operación.

Rendimiento

Es usado para indicar el rendimiento de máquina.

Eficiencia

Es usado para indicar la eficiencia de máquina.

5.3.1.16. Interfaz OPC.

La clase Interfaz OPC, permite el acceso al Servidor OPC. Para este propósito es necesario crear una instancia de la clase OPCServer, la cual está basada en el modelo de implementación de la especificación de la interfaz OPC Automation (ver Anexo 3). Las propiedades de la clase OPCServer contienen información general sobre el servidor, de

modo que cuando se crea una instancia de ésta clase, también se crea un objeto de colección de OPCGroup como propiedad del objeto OPCServer.

La clase OPCItem proporciona un vínculo con una variable del proceso conectada físicamente al módulo de entrada de un PLC. Una variable de proceso es un dato de las E/S del proceso que puede escribirse o leerse.

Cada variable de proceso está asociada a un valor, a una calidad de dato y a una fecha de acceso.

En la Figura 5.19 se muestra el detalle de la clase Interfaz OPC.

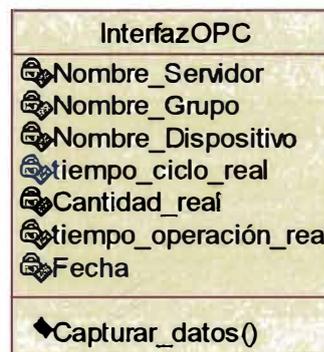


Figura 5.19 Detalle de la clase Interfaz OPC

Los atributos de la clase Interfaz OPC son:

Nombre Servidor

Es usado para indicar el nombre del servidor.

Nombre Grupo

Es usado para indicar el nombre del grupo de colección.

Nombre Dispositivo

Es usado para indicar el nombre del dispositivo.

Tiempo ciclo actual

Es usado para indicar el tiempo de ciclo actual.

Cantidad actual

Es usado para indicar la cantidad de productos procesados.

Tiempo operación actual

Es usado para indicar el tiempo de operación actual.

5.3.2. INTERFACES DEL SISTEMA DE SOFTWARE.

5.3.2.1. Interfaz visual de Orden de compra.

En la figura 5.20 se muestra una vista de la interfaz visual orden de compra.

The image shows a software window titled "Orden de Compra". The window has a blue title bar with standard Windows window controls (minimize, maximize, close). The main area is light gray and contains the following elements:

- Two text input fields at the top: "Nro Orden" and "Fecha".
- A section labeled "Ciente" containing a text input field and a dropdown menu.
- A text input field labeled "RUC".
- A large, empty rectangular area labeled "Artículos", which is likely a table for listing items.
- A button labeled "Artículo.." located to the right of the "Artículos" area.
- A text input field labeled "Total" at the bottom left.
- Two buttons labeled "Cancelar" and "Aceptar" at the bottom right.

Figura 5.20 Vista de la interfaz visual orden de compra.

La clase frmOrden_de_compra en el modelo es utilizada para representar un ítem de interfaz de usuario orden de compra. Esta clase tiene el estereotipo “formulario”. El formulario permite el dialogo con el usuario, así como el acceso a las clases Orden_de_compra, Cliente y Orden_artículo.

5.3.2.2. Interfaz visual de Orden artículo.

En la figura 5.21 se muestra una vista de la interfaz visual Orden_artículo.

La clase frmOrden_artículo también es incluida en el modelo para representar un ítem de la interfaz de usuario que contiene los artículos para la orden de compra. Esta clase tiene el estereotipo de “formulario”.



The image shows a graphical user interface window titled "Artículo". It features a standard Windows-style title bar with a close button. The main content area contains several labeled input fields: "Código Artículo", "Nombre" (with a dropdown arrow), "Stock", "Descripción", "Costo", and "Cantidad". At the bottom right of the window, there are two buttons: "Cancelar" and "Aceptar".

Figura 5.21 Vista de la interfaz visual Orden_artículo.

5.3.2.3. Interfaz visual de orden de producción.

En la figura 5.22 se muestra una vista de la interfaz visual orden de producción.

La clase frmOrden_de_producción en el modelo es utilizada para representar un ítem de interfaz de usuario orden de producción. Esta clase tiene el estereotipo "formulario". El formulario permite el dialogo con el usuario, así como el acceso a las clases Orden_de_producción, Equipo, Orden_proceso y Orden_disponibilidad.

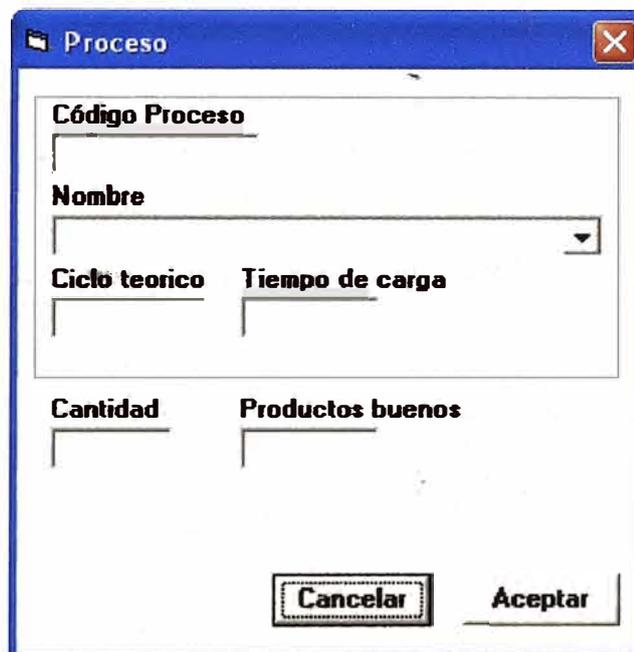
The image shows a screenshot of a Windows-style application window titled "Orden de Producción". The window contains several input fields and buttons. At the top, there are two text boxes labeled "Nro Orden" and "Fecha". Below these, there is a section titled "Equipo" containing two text boxes and a dropdown menu. The next section is "Centro de Costo" with a single text box. Below that is a section titled "Procesos" with a large empty text area. The "Disponibilidad" section also has a large empty text area. The "Captura Tiempo real" section has a large empty text area. At the bottom right, there are five buttons: "Proceso..", "Disponibilidad", "Captura", "Cancelar", and "Aceptar".

Figura 5.22 Vista de la interfaz visual orden de producción.

5.3.2.4. Interfaz visual de Orden proceso.

En la figura 5.23 se muestra una vista de la interfaz visual Orden_poceso.

La clase frmOrden_proceso también es incluida en el modelo para representar un ítem de la interfaz de usuario que contiene los repuestos para la orden de trabajo. Esta clase tiene el estereotipo de “formulario”.



The image shows a Windows-style dialog box titled "Proceso". It contains the following fields and controls:

- Código Proceso**: A text input field.
- Nombre**: A dropdown menu.
- Ciclo teorico**: A text input field.
- Tiempo de carga**: A text input field.
- Cantidad**: A text input field.
- Productos buenos**: A text input field.
- Cancelar**: A button with a dashed border.
- Aceptar**: A button.

Figura 5.23 Vista de la interfaz visual orden proceso.

5.3.2.5. Interfaz visual de orden de trabajo.

En la figura 5.24 se muestra una vista de la interfaz visual orden de trabajo.

La clase frmOrdenTrabajo en el modelo es utilizada para representar un ítem de interfaz de usuario orden de trabajo. Esta clase tiene el estereotipo “formulario”. El formulario permite el dialogo con el usuario, así como el acceso a las clases Equipo, Orden_repuesto y Orden_tarea.

Figura 5.24 Vista de la interfaz visual orden de trabajo.

5.3.2.6. Interfaz visual de Orden repuesto.

En la figura 5.25 se muestra una vista de la interfaz visual Orden_repuesto.

La clase frmOrden_repuesto también es incluida en el modelo para representar un ítem de la interfaz de usuario que contiene los repuestos para la orden de trabajo. Esta clase tiene el estereotipo de “formulario”.

The image shows a software window titled "Repuesto". Inside the window, there are several labeled input fields: "Código Repuesto", "Nombre" (with a dropdown arrow), "Stock", "Descripción", "Costo", and "Cantidad". At the bottom right of the window, there are two buttons: "Cancelar" and "Aceptar".

Figura 5.25 Vista de la interfaz visual Orden_repuesto.

5.3.2.7. Interfaz visual de Orden tarea.

En la figura 5.26 se muestra una vista de la interfaz visual Orden_tarea.

The image shows a software window titled "Tarea". Inside the window, there are several labeled input fields: "Código Tarea", "Nombre" (with a dropdown arrow), "Especialidad", "Descripción", "Costo h-h", and "Horas". At the bottom right of the window, there are two buttons: "Cancelar" and "Aceptar".

Figura 5.26 Vista de la interfaz visual Orden_tarea.

La clase frmOrden_tarea también es incluida en el modelo para representar un ítem de la interfaz de usuario que contiene las tareas para la orden de trabajo. Esta clase tiene el estereotipo “formulario”.

5.3.2.8. Interfaz visual Servidor OPC.

En la figura 5.27 se muestra una vista de la interfaz visual servidor OPC.

La clase frmOPC en el modelo es utilizada para representar un ítem de interfaz de usuario con el servidor OPC seleccionado. Esta clase tiene el estereotipo “formulario” y muestra el estado de las variables de proceso. El formulario permite el dialogo con el usuario y puede ser creado en el ambiente de Visual Basic [Siler, 1998].



Figura 5.27 Vista de la interfaz visual servidor OPC.

5.3.2.9. Interfaz visual Propiedades del Servidor OPC.

En la figura 5.28 se muestra una vista de la interfaz visual Propiedades del Servidor OPC.

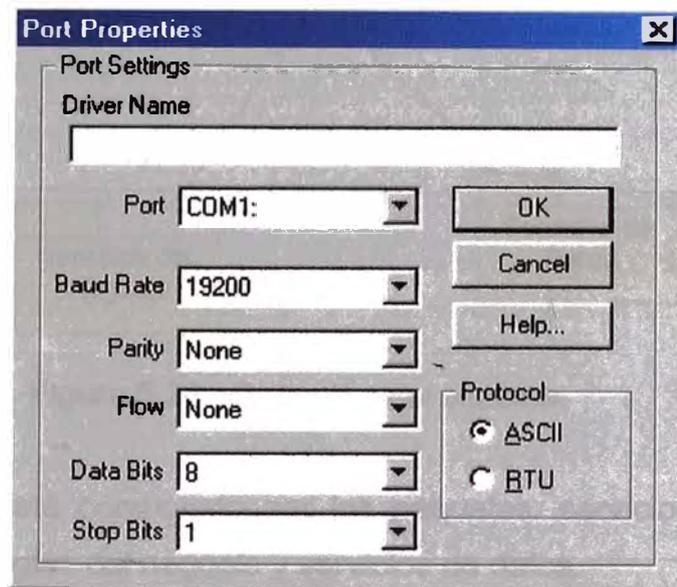


Figura 5.28 Vista de la interfaz visual propiedades del servidor OPC

La clase frmPropiedadesOPC en el modelo es utilizada para visualizar las propiedades del servidor OPC seleccionado.

5.3.3. PAQUETES DEL SISTEMA.

Las clases del sistema pueden ser agrupadas como parte de una arquitectura que puede ser usado como referencia para otras aplicaciones. Las clases son agrupadas en paquetes o subsistemas, siendo un subsistema un agrupamiento semánticamente útil de clases o de otros subsistemas.

Los subsistemas de bajo nivel se denominan subsistemas de servicios [Jacobson, 2000] debido a que sus clases llevan a cabo un servicio. Esta arquitectura promueve la distribución y reutilización de objetos del negocio y librerías (paquetes lógicos) alrededor de

aplicaciones, así como soporte de grupos en el manejo de desarrollo del proceso iterativo.

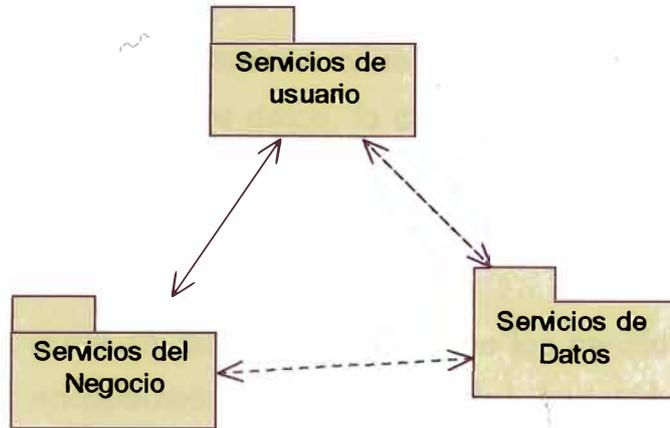


Figura 5.29 Paquetes del sistema.

El sistema está compuesto por los paquetes: servicios de usuario, servicios o reglas del negocio y servicios de datos.

5.3.3.1. Servicio de usuario.

El servicio de usuario proporciona una interfaz visual para la presentación de información y captura de datos. También permite integrar al usuario con la aplicación a ejecutarse en un proceso del negocio.

5.3.3.2. Servicio del negocio.

El paquete servicio del negocio sirve de enlace entre servicio de usuario y servicio de datos. Este paquete responde a las solicitudes del usuario o de otros servicios del negocio y de acuerdo a esto ejecuta una tarea en el negocio.

Esto se lleva a cabo mediante la ejecución de procedimientos formales y reglas del negocio a datos que son relevantes. Cuando los datos que serán usados en las aplicaciones residen en un servidor de base de datos, asegura que los servicios de

datos cumplan con las tareas del negocio o se apliquen las reglas del negocio.

Este procedimiento también aísla al usuario de la interacción directa con la base de datos, lo cual es importante porque las reglas del negocio tienden a cambiar con mayor frecuencia que las tareas específicas del negocio que ellos soportan.

Por esta razón se les consideran como los candidatos ideales para ser encapsulados en componentes que son físicamente separados de las aplicaciones.

5.3.3.3. Servicio de datos.

El servicio de datos permite el acceso, mantenimiento y actualización de datos. También manejan las solicitudes para manipulación de datos que son inicializados por el servicio del negocio. La separación de servicio de datos, permite que la estructura de los datos y los mecanismos de acceso a estos, sean mantenidos, modificados o si es necesario puedan ser reconstruidos sin afectar los servicios del negocio o el servicio de usuario.

5.3.3.4. Paquete órdenes de compra.

El paquete órdenes de compra permite el acceso, mantenimiento y actualización de datos de las órdenes de compra.

En la figura 5.30 se muestran las clases del paquete Ordenes de compra:

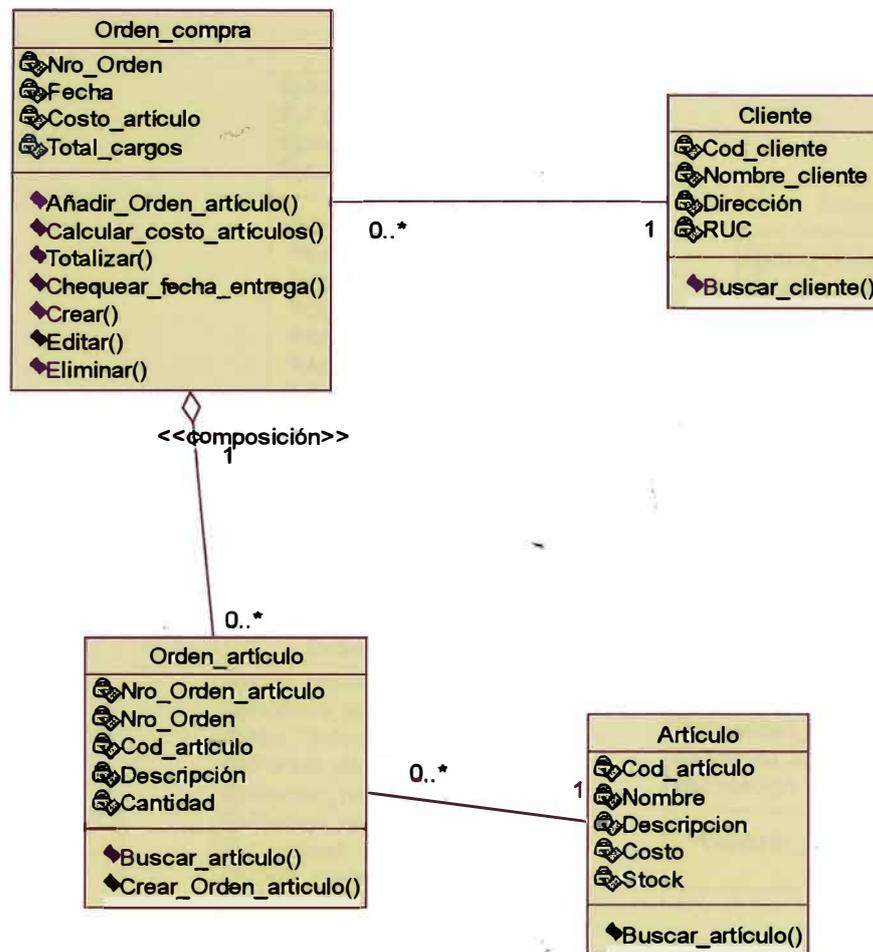


Figura 5.30 Clases del paquete Ordenes de compra.

5.3.3.5. Paquete órdenes de producción.

El paquete órdenes de producción permite el acceso, mantenimiento y actualización de datos de las órdenes de producción.

En la figura 5.31 se muestran las clases del paquete Ordenes de producción.

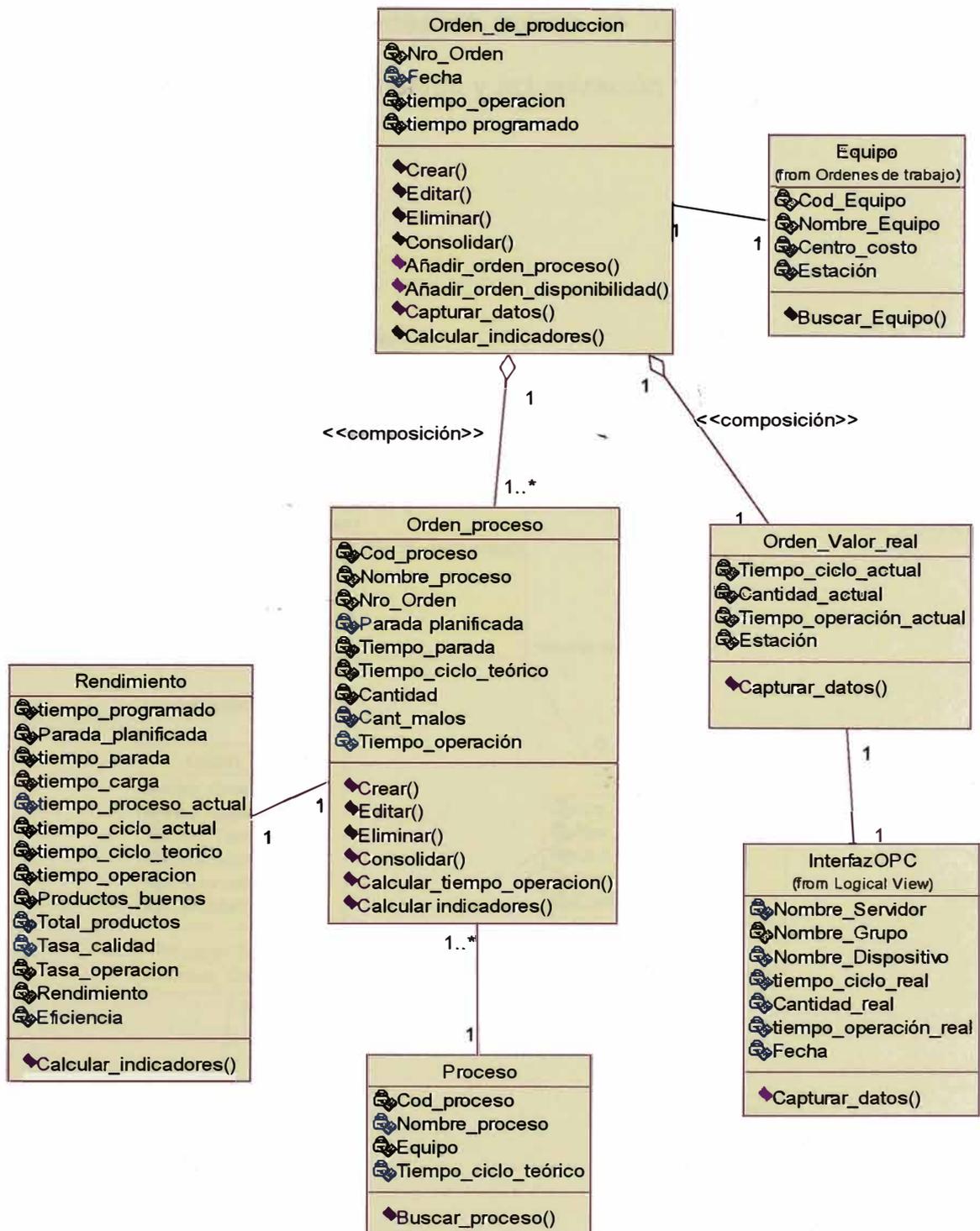


Figura 5.31 Clases del paquete Ordenes de producción.

5.3.3.6. Paquete órdenes de trabajo de mantenimiento.

El paquete órdenes de trabajo de mantenimiento permite el acceso, mantenimiento y actualización de datos de las órdenes de trabajo.

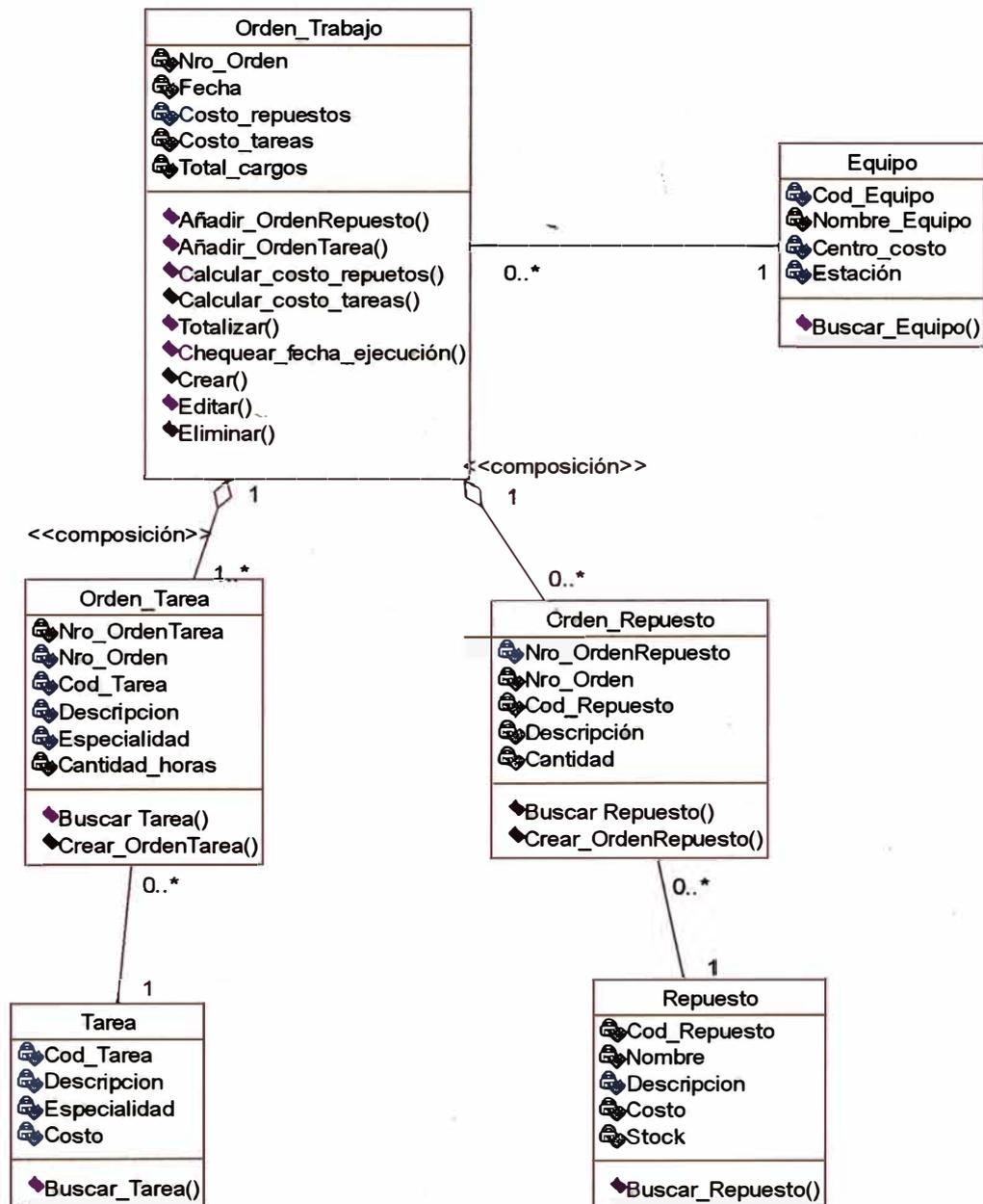


Figura 5.32 Clases del paquete Órdenes de trabajo de mantenimiento

5.3.3.7. Paquete de control de procesos.

El servicio de control de procesos es soportado por el servidor OPC. Permite el acceso, mantenimiento y actualización de datos provenientes de las estaciones de control. También maneja las solicitudes para manipulación de datos que son inicializados por el servicio del negocio.

La separación del servicio de datos de las estaciones de control de procesos o de los medidores, permite que la estructura de los datos y los mecanismos de acceso a estos, sean mantenidos, modificados o si es necesario puedan ser reconstruidos sin afectar los servicios del negocio o el servicio de usuarios.

5.3.4. DIAGRAMA DE COMPONENTES.

El sistema es implementado como un único componente ejecutable llamado Integración.exe, correspondiente a un proyecto en Visual Basic Integración.vbp. Algunas librerías han sido consideradas en el modelo, debido a que éstas son referenciadas por el proyecto o por otras librerías.

En la figura 5.33 se muestra el diagrama de componentes del sistema.

Los objetos de datos ActiveX ADODB proporcionan acceso a datos a través de un proveedor de datos OLE, mientras que ADOR contiene los objetos asociados con un recordset [Siler, 99].

Los objetos de datos OPC Automation, permiten el acceso al Servidor OPC. Para este propósito es necesario crear una instancia de la clase OPCServer. (Ver Anexo 3).

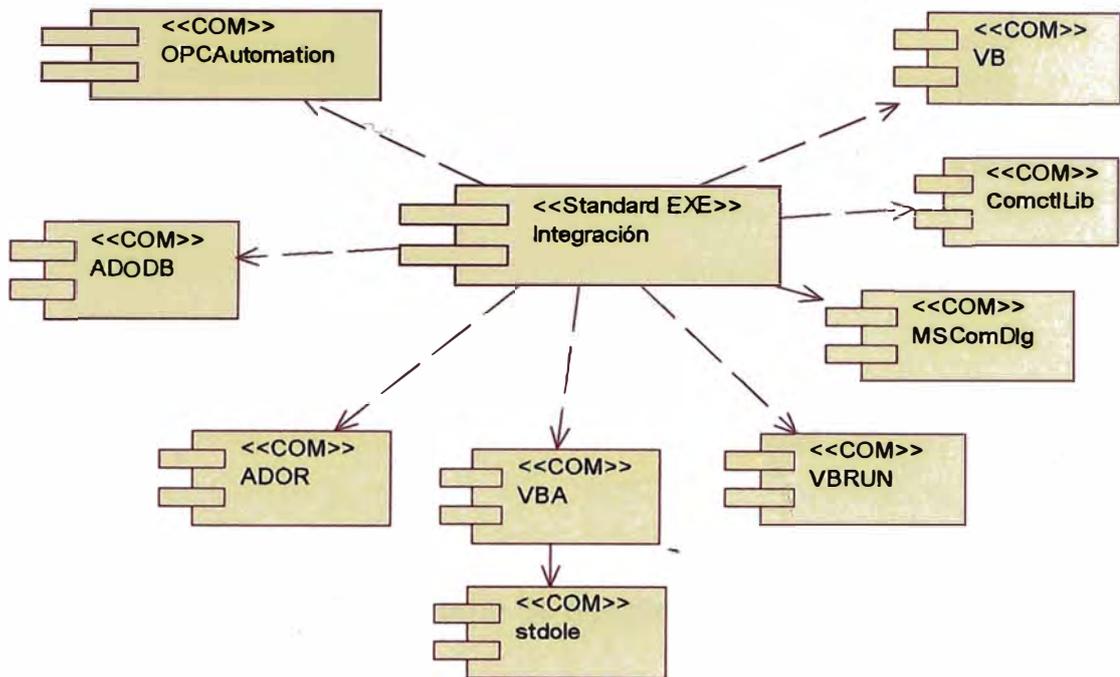


Figura 5.33 Diagrama de Componentes.

5.3.5. DIAGRAMA DE DESPLIEGUE.

En el diagrama de despliegue se ha considerado la arquitectura física del sistema por medio de nodos interconectados. Cada uno de estos nodos representa el elemento de hardware sobre el cual se ejecutan las tareas del software integrado. En la figura 5.34 se muestra la conexión entre el PLC y una estación para el control de procesos.

Es así que podemos encontrar hasta 4 niveles dentro de este modelo. En el nivel más bajo se ubican los dispositivos de campo, es decir los sensores y actuadores que generan información relevante de los procesos. En el nivel de célula de manufactura, se ubican los CNC y los equipos de manufactura asistida por computador CAM. Un tercer nivel es considerado para la supervisión de los procesos mediante el uso de interfaces SCADA y hombre máquina HMI.

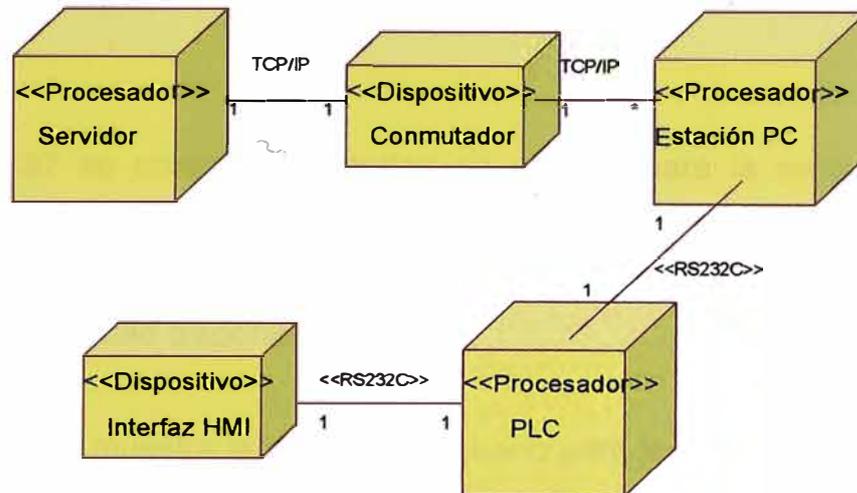


Figura 5.34 Diagrama de despliegue del sistema.

El nivel de administración es el nivel más alto y en este caso se considera la interconexión de los sistemas de planta y administrativos, es decir el sistema integrado.

5.4. RESULTADOS EXPERIMENTALES.

Para la implementación del prototipo, se ha considerado el caso de uso registrar órdenes de producción y el cálculo de la eficiencia operacional. No se ha considerado el efecto de la flexibilidad de máquina para el cálculo. Las pruebas se realizaron utilizando un PLC Modicon Micro 981, el cual transmite los datos a una PC a través del servidor INGEAR 2003 CimQuest OPC for Modicon Networks.

En la figura 5.35 se muestra el menú principal propuesto para el sistema integrado. En este formulario se muestran las opciones para la gestión de órdenes de compra, órdenes de producción y órdenes de trabajo, así como el mantenimiento de registros. En la figura 5.36 se muestra la interfaz de usuario para la consulta de equipos en el sistema de mantenimiento. En este caso se muestra información contable (centro de costo), logística

(descripción y estado del activo) así como información para el mantenimiento.

En la figura 5.37 se muestra la interfaz de usuario para la consulta de repuestos en el sistema de mantenimiento. Este formulario muestra información logística (código, stock), contable (costos) e información para el mantenimiento (cantidad disponible).

En la figura 5.38 se muestra la interfaz de usuario para la consulta de tareas en el sistema de mantenimiento. En este formulario se muestra información de costos, descripción y especialidad que es útil para el área de recursos humanos.

En la figura 5.39 se muestra la interfaz de usuario para el registro de órdenes de trabajo en el sistema de mantenimiento. En esta se muestra información integrada contable, logística, de recursos humanos y en general de mantenimiento.

En las figuras 5.40, 5.41, 5.42 y 5.43 se muestran las interfaces de usuario para la consulta de procesos, captura de datos en tiempo real y registro de órdenes de producción respectivamente.

Esta información es presentada en un formato único digital, sin embargo puede ser mostrada en forma de tendencias históricas, o también para el control de alarmas, eventos o para la activación de otros formularios en el entorno de VB6 o VB.Net.

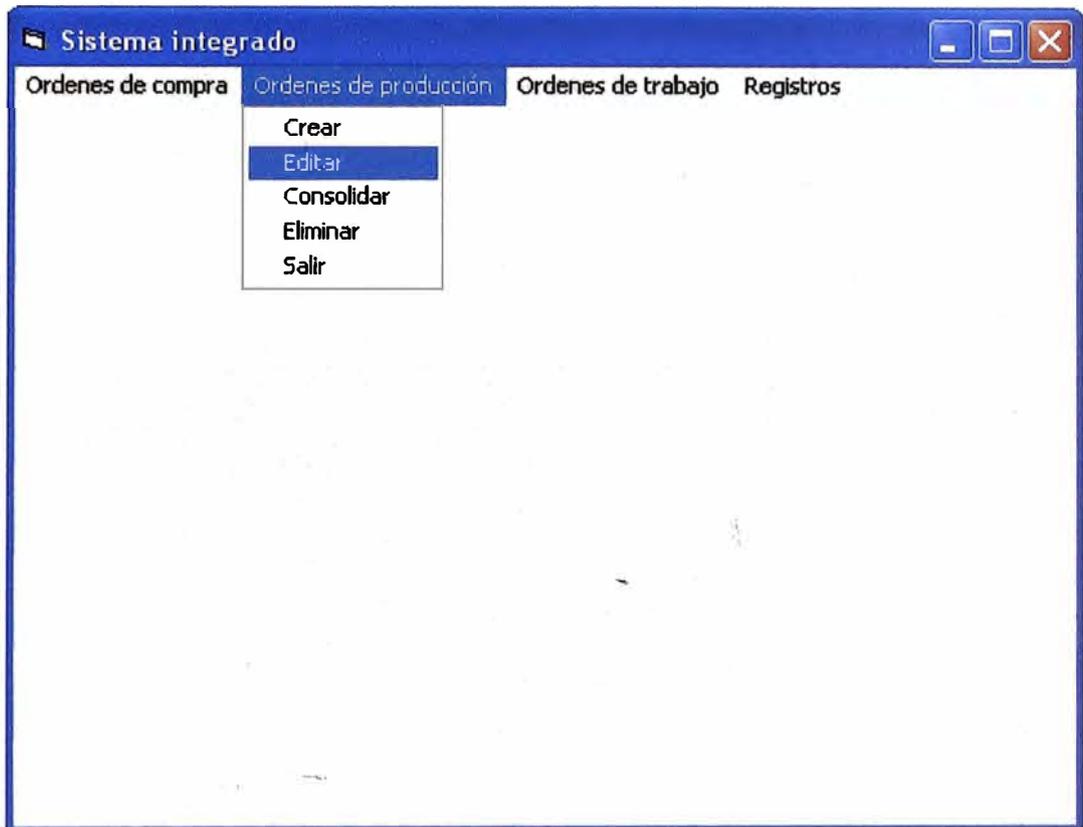


Figura 5.35 Menú principal del sistema integrado.

The image shows a software window titled "Equipo" with a blue title bar and a close button. The window contains a form with the following fields: "Código" with the value "101", "Nombre" with a dropdown menu showing "Torno C.N.C.", "Centro de Costo" with the value "10-1010", and "Componente" which is an empty text field. At the bottom of the window, there are two buttons: "Cancelar" and "Aceptar".

Figura 5.36 Interfaz de consulta de equipo.

Repuesto

Código Repuesto
1012-003

Nombre
Rodamiento

Stock
2

Descripción
Rodamiento SKF 01-2Z

Costo
\$40.00

Cantidad
1

Cancelar Aceptar

Figura 5.37 Interfaz de consulta de repuesto.

Tarea

Código Tarea
1001

Nombre
Cambio de rodamiento

Especialidad
Mecánico

Descripción
Cambio de rodamiento posterior

Costo h-h
\$4.00

Horas
2

Cancelar Aceptar

Figura 5.38 Interfaz de consulta de tarea.

Orden de Trabajo

Nro Orden: 101 Fecha: 24/10/2006

Equipo

101 Tomo C.N.C.

Centro de Costo

100-121

Repuestos

2 pzas Rodamiento	c/u	\$40.00
-------------------	-----	---------

Tareas

4 hs-h Cambio de rodaminto	c/h	\$ 4.00
----------------------------	-----	---------

	\$80.00	Tarea...	Repuesto..
	\$16.00		
Total	\$96.00	Cancelar	Aceptar

Figura 5.39 Interfaz para registro de órdenes de trabajo.

Proceso

Código Proceso
1025

Nombre
Torneado

Ciclo teorico **Tiempo de carga**
8 3

Cantidad **Productos buenos**
15 15

Cancelar Aceptar

Figura 5.40 Interfaz de consulta de procesos

Disponibilidad

Parada programada
20

Tiempo de parada
0

Cancelar Aceptar

Figura 5.41 Interfaz de consulta de disponibilidad

Captura tiempo real

Código Equipo
105

Nombre
Torno C.N.C

Tiempo ciclo actual
8

Cantidad productos
15

Tiempo operación
90

Cancelar Aceptar

Figura 5.42 Interfaz de consulta datos en tiempo real

Orden de Producción

Nro Orden 125 **Fecha** 24/10/2006

Equipo
105 Torno C.N.C

Centro de Costo 100-121

Procesos
15 pzas Torneado T25 T.C. 3min

Disponibilidad
Tiempo de parada 20min

Captura Tiempo real
15 pzas 8 min 90 min

Proceso.. Disponibilidad Captura
Cancelar Aceptar

Figura 5.43 Interfaz para registro de órdenes de producción.

En los cuadros 5.1 y 5.2 se muestran prototipos de reporte de los KPI para la evaluación de la efectividad de máquina (TPM). Los cálculos han sido obtenidos en base a las fórmulas expuestas en el Capítulo II; mientras que los datos de tiempo de utilización de máquina y cantidad de productos han sido capturados en tiempos diferidos, de los registros del PLC que controla una máquina CNC.

En estos reportes se puede observar una variación de la eficiencia global de operación entre 48.74% y 75.17% para diferentes tipos de proceso, rango que está muy por debajo del recomendado en el Capítulo II.

Torno CNC	tiempo proceso actual t_n	Total productos n	Total productos buenos n _s	tiempo operación $t_o = t_n - t_p$	Parada planificada t_{pl}	Parada no planificada t_{npl}	tiempo Programado t_p	tiempo carga t_d	tasa tiempo operación t_o/t_d	tasa calidad n_s/n
Und	Pza	Pza	h	h	h	h	h	h	%	%
P1	67	65	14.25	9.77	0.5	0	13.75	13.75	100.0	97.0
P2	78	78	16.5	11.38	1.5	0	15	15	100.0	100.0
P3	72	71	16	10.50	0.5	0	15.5	15.5	100.0	98.6
P4	47	47	8	4.90	0.5	0	7.5	7.5	100.0	100.0
P5	51	50	8	5.10	0.5	0.5	7.5	7	93.3	98.0
P6	47	47	10	4.70	0.5	0	9.5	9.5	100.0	100.0
P7	48	48	8	5.00	0.5	0	7.5	7.5	100.0	100.0
P8	18	18	6	2.63	0.5	0.25	5.5	5.25	95.5	100.0
P9	54	54	12	7.65	0.5	0	11.5	11.5	100.0	100.0
P10	51	51	10	7.44	0.5	0	9.5	9.5	100.0	100.0
Prom	53	53	11	7	1	0	10	10	98.9	99.4

Cuadro 5.1 Reporte de tasa de operación y calidad.

Torno CNC	Tiempo de Ciclo teórico t_c	Tiempo de ciclo actual t_a	Tasa de velocidad de operación $\tau_o = t_c/t_a$	Tasa de Operación neta $\tau_n = t_n/t_o$	Tasa de tiempo de operación $\tau = t_o/t_d$	Rendimiento de operación $\xi = \tau_o \times \tau_n$	Eficiencia global $\zeta = \tau_o \times \tau_n \times \tau$
Und	min	min	%	%	%	%	%
P1	6	6.3	97.1	71.1	100.0	69.0	69.0
P2	6	6.0	97.1	75.8	100.0	73.7	73.7
P3	6	6.0	97.1	67.7	100.0	65.8	65.8
P4	6	6.3	96.0	65.3	100.0	62.7	62.7
P5	8.5	8.8	100.0	72.9	93.3	72.9	68.0
P6	8.5	8.8	100.0	49.5	100.0	49.5	49.5
P7	8.5	8.8	96.0	66.7	100.0	64.0	64.0
P8	8.5	8.8	97.1	50.0	95.5	48.6	46.4
P9	8.5	8.5	100.0	66.5	100.0	66.5	66.5
P10	8.5	8.8	97.1	78.3	100.0	76.1	76.1
Prom	7.5	7.7	97.8	66.4	98.9	64.9	64.2

Cuadro 5.2 Reporte de eficiencia de operación.

CAPITULO VI

PLAN DE EJECUCION PARA LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA INTEGRADO

6.1. ACTIVIDADES PARA LA IMPLEMENTACION DEL PROYECTO.

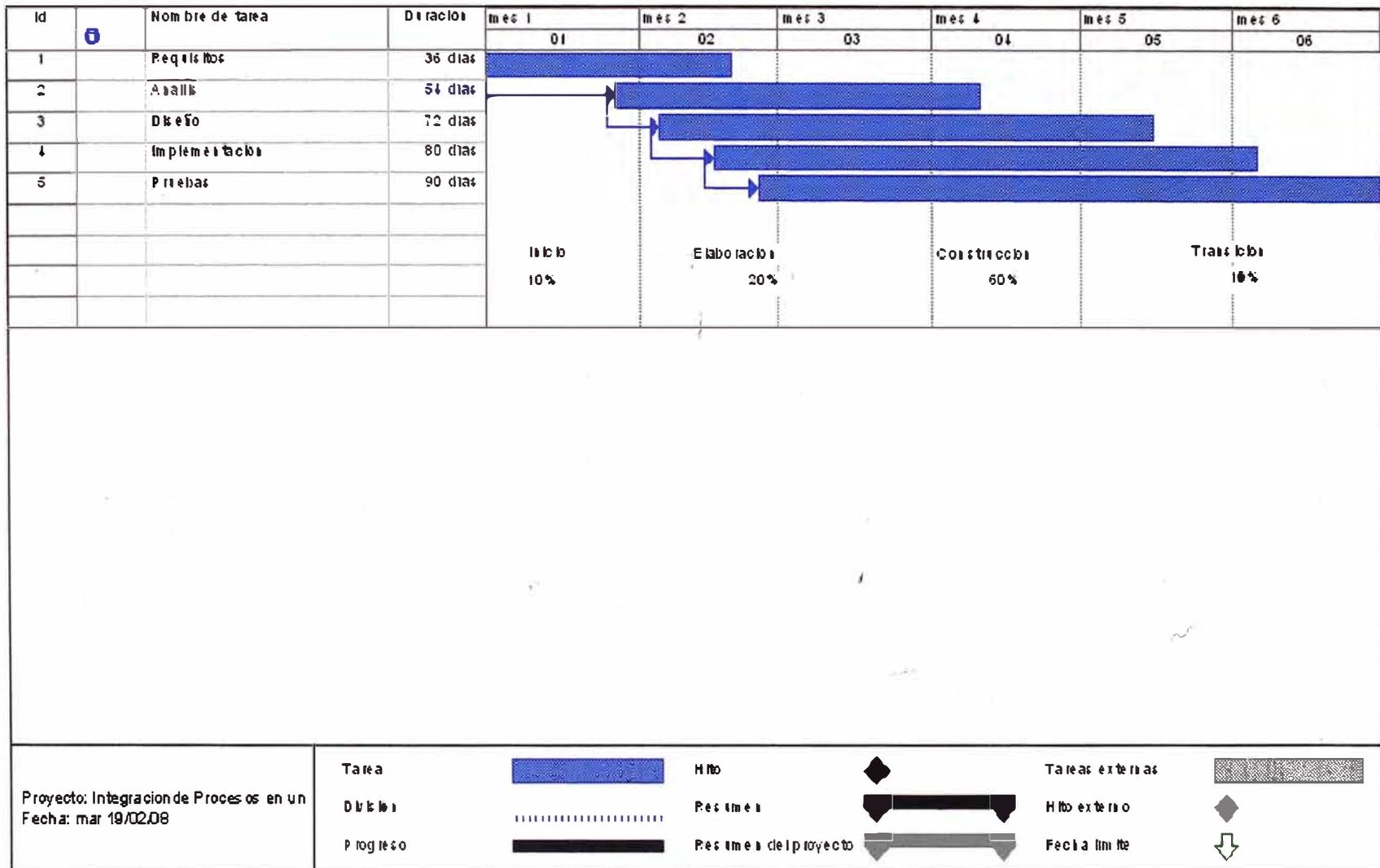
En el capítulo anterior se desarrolló parte del sistema. Se incluyó la gestión de ordenes de producción y órdenes de trabajo. Usando los mismos criterios, el modelo puede ser generalizado para integrar información de las diferentes áreas de la empresa. En el presente capítulo se describen las actividades propuestas para la implementación del proyecto de integración de procesos de planta y administración de la empresa.

En general, el plan de ejecución del proyecto de integración, involucra un conjunto de actividades que son aplicables al proceso unificado de desarrollo de aplicaciones para la empresa en su globalidad.

En el cuadro 6.1 se muestra el plan de ejecución del proyecto de integración, este plan incluye las siguientes actividades:

i) Captura de requisitos.

Captura y/o validación de requisitos para el desarrollo de aplicaciones planteadas en el modelo preliminar.



Cuadro 6.1 Plan de ejecución del proyecto

Definición del alcance real del proyecto de integración de procesos.

ii) Análisis complementario.

Descripción de interacciones entre objetos, análisis de clases, identificación de responsabilidades y de atributos. Identificación de asociaciones, agregaciones y generalizaciones.

Análisis y definición de cambios en la estructura del sistema de acuerdo del proyecto de integración.

Definición con mayor detalle del plan de trabajo, plazo e inversión del proyecto.

iii) Diseño definitivo.

En esta etapa se desarrollarán las especificaciones definitivas que incluyan el detalle de casos de uso, clases, operaciones, paquetes y componentes.

Se determinarán los requerimientos definitivos para los procesadores y dispositivos que representan el modelo lógico y el modelo físico para capturar el producto en proceso, así como la instalación de los equipos de procesamiento.

iv) Implementación.

Incluye la implementación de las aplicaciones consideradas el modelo de diseño así como la instalación y configuración del software complementario para la aplicación.

Se desarrollará el detalle correspondiente al modelo de despliegue de los equipos requeridos por el sistema, que incluye la instalación, el cableado, las canalizaciones y el montaje de la red.

v) Pruebas.

- Considera el desarrollo y pruebas en el campo para los procesos en los cuales se ha propuesto el desarrollo de aplicaciones. Parte de estas pruebas deben ser realizadas al inicio del proyecto, con el propósito de confirmar la aplicabilidad del modelo propuesto y otra parte después que el equipamiento y el sistema se encuentren instalados.
- Verificación del desempeño de los sistemas en forma independiente, ajuste de atributos y pruebas de funcionamiento.
- Consolidación por capas, evaluación de prototipos, migración, importación y exportación.
- Interconexión de los procesos de operaciones con los procesos administrativos.
- La última fase incluye la adición de nuevas aplicaciones internas que conectan los sistemas existentes, pero utilizan la nueva arquitectura común.
- Control de Calidad, edición de datos , cálculo de Indicadores y estadística.
- Capacitación.

6.2. RECURSOS.

i) Ingeniero de sistemas.

- Es el responsable de la integridad de las realizaciones de caso de uso, garantizando que cumplen los requisitos que se esperan de ellos.

- Define y mantiene responsabilidades, atributos, relaciones y requisitos especiales de las clases de análisis y de diseño, garantizando que cada clase cumpla sus requisitos.
- También mantiene la integridad de los paquetes de análisis y subsistemas de diseño.
- Define y mantiene el código fuente de los componentes, garantizando que cada componente implemente la funcionalidad correcta.

ii) Analista de sistemas.

- Es el responsable del conjunto de requisitos que se modelan en los casos de uso.
- Asume la responsabilidad de la descripción detallada de los casos de uso, trabaja estrechamente con los usuarios reales de los casos de uso.
- Es el encargado de dar una forma visual a las interfaces de usuario, desarrollando prototipos de interfaces de usuario para los casos de uso.
- Participa en el flujo de trabajo de requisitos para describir la vista de arquitectura del modelo de casos de uso.
- Es responsable de la integridad del modelo de análisis, de los modelos de diseño y de despliegue así como del modelo de implementación. Asegura que el modelo como un todo es correcto y completo.

CAPITULO VII
EVALUACIÓN DE LA INVERSIÓN Y BENEFICIOS
ESPERADOS

7.1. ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN.

7.1.1. ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN EN HARDWARE.

En el cuadro 7.1 se muestran los costos estimados para la implementación del hardware del sistema integrado.

Descripción	Unidad	Cant	C.U. U.S.\$.	C.T. U.S.\$.
Servidor	Equipo	3	2500	7500
Estaciones	Equipo	55	1200	66000
Concentrador	Equipo	5	500	2500
Enrutador	Equipo	1	500	500
Cables	mts	1500	1	1500
UPS 5KW	Equipo	5	4000	20000
Conectores y accesorios	Jgo	55	15	825
Interfaz de comunicación	Equipo	15	300	4500
			Total	103325
FUENTE: INFORDATA, PROMELSA ELABORACIÓN: PROPIA				

Cuadro 7.1 Estimación de la inversión en hardware.

Se ha considerado la instalación de 15 estaciones para igual cantidad de maquinas CNC.

7.1.2. ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN PARA EL DESARROLLO DEL SOFTWARE.

En el cuadro 7.2 se muestran los costos estimados para el desarrollo del sistema integrado.

Descripción	Unidad	Cant	C.U. U.S.\$	C.T. U.S.\$
Software				
Microsoft Windows Server Standard 2003 English ⁽¹⁾	Licencia	1	4000	4000
Rational Rose RequisitePro ⁽²⁾	Licencia	1	4500	4500
Rational Software Modeler	Licencia	1	4500	4500
Rational Rose Data Modeler	Licencia	1	4500	4500
Rational Rose XDE Developer for Visual Studio	Licencia	1	4500	4500
Microsoft Visual Studio .NET Professional for Oracle	Licencia	1	2500	2500
Antivirus firewall	Licencia	1	1500	1500
Modicon OPC Server ⁽³⁾	Licencia	1	7500	7500
				33500
Desarrollo de software				
Captura de requisitos	m-h ⁽⁴⁾	8	1500	12000
Análisis del sistema	m-h	8	1500	12000
Diseño y construcción	m-h	8	1500	12000
Evaluación de prototipos	m-h	4	1500	6000
Migración Importación y Exportación	m-h	4	1500	6000
Control de Calidad	m-h	2	1500	3000
Edición de Datos	m-h	4	1500	6000
Cálculo de Indicadores y Estadísticas	m-h	4	1500	6000
Consolidación por Niveles	m-h	4	1500	6000
Capacitación	m-h	2	1500	3000
Documentación	m-h	2	1500	3000
				75000
			Total	108500
FUENTES: (1)MICROSOFT (2)IBM (3)INGEAR (4)MTPE Encuesta sueldos y salarios (m-h = mes hombre) ELABORACIÓN: PROPIA				

Cuadro 7.2 Estimación de la inversión en software.

El desarrollo del software incluye la captura y/o validación de requisitos para el desarrollo de aplicaciones planteadas en el modelo preliminar, así como el análisis complementario, la descripción de interacciones entre objetos, análisis de clases, identificación de responsabilidades y de atributos.

Se ha considerado el detalle de pruebas, evaluación de prototipos y control de calidad para el desarrollo de aplicaciones. Parte de estas pruebas deben ser realizadas al inicio del proyecto, con el propósito de confirmar la aplicabilidad del modelo propuesto y otra parte después que el equipamiento y el sistema se encuentren instalados.

7.1.3. RESUMEN DE LA INVERSIÓN.

En el cuadro 7.3 se muestra el resumen de la Inversión. Se incluye el costo adicional por la instalación de redes y comunicaciones, obteniéndose un total de US\$ 216,825.

Descripción	C.T. U.S.\$
Implementación del Hardware	103325
Desarrollo del Software	108500
Instalación de Redes y Comunicaciones	5000
Total	216825
ELABORACIÓN: PROPIA	

Cuadro 7.3 Resumen de la estimación de la inversión.

7.2 ANÁLISIS COSTO / BENEFICIO.

La implantación de sistemas integrados de gestión producen reducciones de los costos operacionales de hasta 10% [Glenn, 2002]. Para este caso se ha supuesto un beneficio anual de U.S.\$100,000, con lo cual se lograría un beneficio de U.S.\$300,00 en 3 años. El período de payback será de 2.17 años.

En el cuadro 7.4 se presenta la estimación de beneficios por la implementación del sistema integrado.

Descripción	C.T. U.S.\$
Total costos del proyecto	216825
Beneficio anual esperado	100000
Beneficio esperado en 3 años	300000
Utilidad Neta	83175
Retorno de la inversión	38.36%
Período de payback (años)	2.17
ELABORACIÓN: PROPIA	

Cuadro 7.4 Beneficios esperados.

Del estudio realizado, podemos observar que también se pueden obtener los siguientes beneficios cualitativos:

- ✓ Mejora de acceso a la información.
- ✓ Mejora en el procesamiento de la información.
- ✓ Acceso a datos en tiempo real.
- ✓ Mejora en la estructura de la información.
- ✓ Posibilidad de configurar las funciones.
- ✓ Mejora en la transferencia de información.
- ✓ Mejora de la interfaz de Usuario.

i) Mejora de acceso a la información.

El sistema generará informes de acuerdo a los requerimientos de los distintos tipos de usuarios. En general, la misma información que se muestra en pantalla podrá ser impresa en formatos típicos de informes que incluyen:

- Información general acerca de los objetivos, metas, planes presupuestos y proyectos de las diferentes áreas que integran la empresa.

- Información acerca de los indicadores de desempeño de las diferentes áreas de la empresa.
- Información que facilite la planificación, control de la producción que incluye el ingreso de materia prima, conversión y productos terminados, así como la composición y calidad de los productos.
- Información en tiempo real de las variables relevantes de los procesos, lo que permite obtener un conocimiento cuantitativo sobre el desempeño de estas variables y las relaciones entre la información de la base de datos en tiempo real, proveniente de los sistemas de control y de información que debe ser procesada de acuerdo a los niveles de agregación que requieren los diferentes tipos de usuarios de la empresa.
- Los períodos de actualización incluirán:
 - Información horaria.
 - Información de turno.
 - Información diaria.
 - Información mensual.
 - Información anual.
 - Información de eventos y alarmas.
 - Información de índices de funcionamiento
 - Información de índices de gestión.
- Base de datos histórica. El sistema registrará la evolución de las variables de la base de datos en tiempo real, de modo que posibilite la gestión de la planta en periodos de tiempo pasado y poder compararla con la gestión actual.

- Información detallada y en tiempo real referente al consumo de suministros tales como energía eléctrica, máxima demanda, consumo de combustible, aceite y aire comprimido.
- Información relacionada con la gestión del mantenimiento de maquinaria y equipo así como de instalaciones de planta y servicios.
- Información acerca de las órdenes de compra, órdenes de producción, inventarios de equipos, repuestos y materiales.
- Información relacionada con la comercialización de los productos, mercado, clientes y proveedores.
- Información detallada sobre el personal, capacitación, asistencia médico, prevención de accidentes.
- Información detallada sobre sistemas, base de datos, archivos y reportes existentes.

ii) Mejora en la capacidad de procesamiento.

En general el sistema procesará información que incluya:

- Indicadores de desempeño
- Eficiencias
- Promedios temporales
- Totalizaciones
- Desviaciones
- Disponibilidad de equipos.

iii) Acceso a datos en tiempo real.

El sistema considera entre sus elementos estructurales una base de datos en tiempo real, en la cual reside la información que es adquirida desde los sistemas de control de procesos.

Esta información debe quedar disponible para ser utilizada por cualquier usuario del sistema, si es que sus privilegios lo permiten. De esta forma esta información puede ser accedida a través de la interfaz de usuario del sistema o desde una aplicación construida por un usuario.

iv) Mejora en la estructura de la información.

Debido a que el sistema tendrá una estructura modular se pueden ir agregando, en el tiempo, funciones en forma ordenada. En particular, se podrán agregar más módulos de comunicaciones con los sistemas de control o de información que se vayan incorporando a futuro al sistema integrado.

v) Posibilidad de configurar las funciones.

Las funciones y acceso a los datos en tiempo real e históricos pueden ser configuradas, ya sea de agregar o eliminar información, efectuar cálculos, modificar despliegues de presentación de información. En general que los usuarios pueden personalizar su interfaz y el sistema puede evolucionar en el tiempo de acuerdo a las dinámicas propias de la gestión de la empresa.

vi) Mejora en la transferencia de información.

Por los equipos de control conectados al sistema integrado existirá un modulo funcional de comunicaciones el cual debe realizar lo siguiente:

- Establecer el canal de comunicaciones con el sistema de control respectivo a través de la red.
- Consultar en forma periódica al sistema de control sobre el estado de las variables que requiere el sistema integrado.
- Accesar a la base de datos en tiempo real de la Información recibida desde el sistema de control de procesos.

vii) Interfaz de Usuario.

El ambiente de trabajo del sistema será esencialmente gráfico y amigable a los usuarios.

Para cumplir con este requerimiento, se define el ambiente de trabajo, las estaciones de trabajo, y en particular el requerimiento de cada subsistema. De esta forma el usuario podrá realizar las siguientes funciones:

- Abrir ventanas en forma simultánea en una misma pantalla y con distintas aplicaciones.

- Transferencia de información de acuerdo al tipo de usuario, en forma gráfica, por medio de diagramas de los procesos, gráficos de tendencias históricas, barras, etc.

- Acceso a la información y despliegues de las distintas áreas de la empresa desde cualquier estación de trabajo del sistema integrado si cuenta con los derechos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

1. En el presente trabajo de investigación se ha presentado el desarrollo de una aplicación que permite la integración de procesos de una empresa de manufactura utilizando tecnología OPC. El trabajo se ha centrado en aspectos ligados especialmente al manejo de índices de desempeño en tiempo real. Un prototipo ha sido desarrollado en Visual Basic.
2. La investigación ha sido orientada especialmente a los sistemas de manufactura, por lo que se hizo necesario revisar algunos conceptos de interés, que han servido para la realización de los modelos de caso de uso, el diseño de las clases y posteriormente la implementación del prototipo, lo cual ha permitido verificar y concluir la hipótesis del presente trabajo de investigación, demostrando la factibilidad de la integración de procesos en una empresa de manufactura del sector metal mecánico que comprende los procesos que encadenan estrechamente todos los aspectos de gestión y producción en la empresa.
3. Las operaciones básicas como la producción, mantenimiento y la contabilidad, así como la información de retorno de los clientes, puede ser accesada en tiempo real utilizando el sistema integrado propuesto.

4. La metodología de desarrollo iterativo utilizada para el análisis de la empresa permite conocer los procedimientos actuales y futuros de adquisición, procesamiento y distribución de información en los distintos niveles de gestión de la empresa y de operaciones. Asimismo, el análisis de la condición actual de los equipos de operaciones, equipos de procesamiento de información, redes y sistemas de control existentes ha sido posible también con la metodología utilizada.
5. El sistema propuesto permitirá eliminar redundancia de la información, archivos, procesos, procedimientos, reportes, al trabajar con un enfoque sistémico alrededor del flujo de información digital y el estilo de trabajo en red.
6. Aún cuando algunas empresas están optando por tecnologías integradas que ofrecen los ERP y CRM, los altos costos que involucra su implementación, los limita solo a grandes corporaciones. Las empresas medianas o pequeñas, debido a su capacidad financiera, pueden entonces optar por el modelo propuesto, el cual crecerá según las necesidades propias del negocio, sin correr el riesgo en que se puede incurrir, con una implementación inadecuada de un ERP.
7. La integración de procesos de planta con los de administración es posible utilizando tecnologías de información y comunicaciones (OPC), acorde con las reales necesidades de los sistemas que se deriven del análisis de las áreas del negocio de la empresa y que a su vez estén alineados a la misión, objetivos y metas de la misma.
8. El análisis de los procesos de mantenimiento y procesos administrativos existentes que se relacionan con la gestión de producción, permiten hacer un replanteo de nuevos sistemas de información.

9. La aplicación del modelo de desarrollo de aplicaciones usando la notación UML ha permitido esbozar también los diagramas de secuencia y el modelo de clases de los sistemas de control de procesos. Específicamente en los sistemas de control realimentado que incluye sensores y controladores, es posible también usar modelo de clases y su implementación en PC.
10. En la actualidad las empresas que han desarrollado sistemas de adquisición de datos utilizando programación orientada a objetos han obtenido ventaja sobre sus competidores.

RECOMENDACIONES:

1. Desarrollar e implementar aplicaciones utilizando tecnología OPC como soporte de herramientas centralizadas de monitoreo y diagnóstico, para minimizar tiempos de parada de instrumentos de campo y equipos de plantas de manufactura.
2. Desarrollar aplicaciones SCADA para plantas de manufactura, de modo que éstas permitan visualizar en forma remota los procesos en tiempo real utilizando servicios web y comunicación IP como parte de la implantación de la tecnología e-manufacturing.
3. Para futuras investigaciones se recomienda profundizar en la tecnología OPC para el envío de señales de control desde la PC hacia el PLC, de modo que se pueda establecer un control centralizado desde una estación principal hasta las diferentes estaciones de manufactura, ya sean éstas estaciones CNC, robots, AS/RS o fajas transportadoras de diferentes fabricantes.

4. Profundizar el estudio del modelamiento topológico basado en casos para su aplicación en plantas de manufactura, de modo que los índices de desempeño puedan ajustarse durante el proceso.
5. Desarrollar e implementar estrategias en las empresas de producción, de manera que el uso de tecnologías de información y comunicación permita visualizar a la información como un recurso corporativo, componente de un sistema ya sea que ésta provenga del área administrativa o de la planta y posibilite la pronta y constante adaptación al cambio.
6. Implantar la integración de procesos en plantas de manufactura, para mejorar la calidad y uso de la información del área de producción, aumentar la productividad en su globalidad, mejorar la estabilidad y eficiencia de los procesos, mejorar la seguridad tanto de equipos como de personal y mantener un nivel de calidad adecuado de los productos, lo cual servirá además para lograr el éxito empresarial.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Abstracto. Clase, caso de uso, señal u otro clasificador generalizable que no puede ser instanciado directamente.

Actor. Abstracción de entidades externas a un sistema o clases que actúan directamente con el sistema. Participa en un caso de uso.

ARIS: Architecture of Integrated Information Systems. Plataforma de software para modelar los procesos a través de diagramas, para su análisis y mejora.

Arquitectura. Estructura organizativa de un sistema que incluye descomposición en partes, conectividad, mecanismos de interacción. Proporciona información sobre e diseño del mismo.

AGV: Automatically guided vehicles. Vehículo industrial con movimiento autónomo. También es conocido como robot móvil.

AS/RS: Automated storage and retrieval systems. Sistema de almacenamiento y recuperación de materiales. Incluye celdas de almacenamiento y robot manipulador.

Bus de campo: Fieldbus. Segmento de red de campo. Grupo de equipos de medición y control de procesos interconectados a través del puerto de comunicaciones.

CAM: Computer Aided Manufacturing. Manufactura asistida por computador. Grupo de computadoras que controlan el funcionamiento de máquinas herramientas en el área de producción.

Caso de uso. Especificación de las secuencias de acciones que pueden ser efectuadas por un sistema, subsistema o clase por interacción con actores externos.

CIM: Computer Integrated Manufacturing. Manufactura integrada por computador. Entorno de manufactura que usa intensivamente las computadoras.

Clase. Descriptor de un conjunto de objetos que comparte los mismos atributos, operaciones, métodos, relaciones y comportamiento. Representa un concepto dentro de un sistema que se está modelando.

CNC: Computer Numerical Control. Control numérico computarizado. Máquina herramienta controlada por computador

COM: Component Object Model. Modelo de objeto componente. Especificación para elaborar componentes de software que pueden ensamblarse para formar nuevos programas.

Componente. Parte física, reemplazable de un sistema que empaqueta su implementación y es conforme a un conjunto de interfaces a las que proporciona su realización.

CRM: Customer Relationship Management. Estrategia de gestión de la relación con los clientes, para construir una preferencia en los consumidores.

Data mining: Minería de datos. Proceso de exploración de bases de datos para detectar pautas o relaciones que sean útiles.

Diagrama. Representación gráfica de una colección de elementos del modelo.

Diagrama de caso de uso. Muestra las relaciones existentes entre actores y casos de uso.

Diagrama de clases. Representación gráfica de la vista estática del modelo. Muestra clases, tipo, contenido y relaciones.

Diagrama de colaboración. Muestra interacciones organizadas alrededor de los roles

Diagrama de componentes. Muestra las organizaciones y dependencias entre tipos de componentes.

Diagrama de despliegue. Muestra la configuración de los nodos de proceso y las instancias de componentes y objetos que residen en ellos.

Diagrama de secuencia. Muestra las interacciones entre objetos organizadas en una secuencia temporal.

DCOM: Distributed Component Object Model. Modelo de objeto componente distribuido. Es una extensión de COM, utilizada en sistemas distribuidos.

e-manufacturing. Uso de internet y tecnología e-bussines en la industria de manufactura.

ERP: Enterprise resource planning. Planeamiento de los recursos empresariales. Tecnologías de información que permiten la integración de datos de procesos.

FMS: Flexible Manufacturing System. Sistema de manufactura flexible. Configuración productiva que permite procesar diferentes productos de una misma familia.

FAN: Field area network. Red de área de campo. Grupo de dispositivos de medición y control industrial conectados en red.

HMI: Human machine interface. Interfaz hombre - máquina. Equipo de visualización y control que le permite al operador interactuar con la máquina.

HTML: Hypertext Markup Language. Lenguaje que sirve para dar formato a documentos electrónicos, para su posterior visualización.

Interfaz. Conjunto de operaciones que posee un nombre y caracteriza el comportamiento de un elemento.

IDEF: Integrated definition methods. Métodos de definición de integración. Familia de métodos para modelar procesos de negocio.

KPI : Key performance indicators. Indicadores de desempeño. Conjunto de indicadores que permiten determinar la aproximación del sistema a los objetivos previstos.

Mapa estratégico. Describe el proceso para transformar activos intangibles en tangibles, en base a diagramas causa - efecto.

Nodo. Objeto físico en tiempo de ejecución que representa un recurso computacional.

Objeto. Entidad discreta, con límites bien definidos y con identidad que encapsulan el estado y comportamiento.

OLE : Object Linking Embedded. Permite incrustar o vincular objetos. El usuario puede utilizar una aplicación desde otra, sin dejar el contexto de la interfaz original.

Operación. Especificación de una transformación o consulta que puede tener que ejecutar un objeto.

OPC: OLE for Process Control. OLE para control de procesos. Especificación que permite la interoperabilidad de equipos.

Open productivity and connectivity. Conectividad y productividad abierta. Tendencia con uso masivo de tecnología OPC para mejorar la productividad.

OSI: Open system interconnection. Interconexión de sistemas abiertos. Modelo de referencia que permite que diferentes equipos de diferentes fabricantes puedan interconectarse. El modelo define 7 capas para una red.

Paquete. Mecanismo de propósito general para organizar en grupo los elementos de un modelo.

PLC: Programmable Logic Controller: Controlador de lógica programable de uso industrial. Controla variables digitales y analógicas.

Redes Neuronales: Neural network. Algoritmo de procesamiento de información a través de un modelo matemático complejo.

RUP: Rational Unified Process. Proceso unificado de desarrollo de Rational. Permite transformar los requisitos en un sistema de software.

SCADA: Supervisory Control and Data Adquisition. Control supervisado y adquisición de datos. Sistema de adquisición de datos computarizado para el control de procesos.

TCBM: Topological case based modeling. Modelamiento Topológico Basado en Casos crea un modelo para predecir la salida en función de las variables de proceso y dependiendo del error se corrigen las variables de entrada.

TQD: Total Quality Development. Control de calidad total. Considera como principio de calidad la corrección del error en la fuente.

TIC: Tecnología de información y comunicaciones. Incluye el hardware, software y la estrategia tecnológica.

UML. Unified Modeling Language. Lenguaje Unificado de Modelado. Notación usada para preparar todos los esquemas de un sistema de software.

BIBLIOGRAFIA

1. LIBROS Y PUBLICACIONES.

- 1.1 AT&T.
"Quality manager's handbook".
Quality Steering Committee, 1998, Indianapolis - USA.
[AT&T, 1998].
- 1.2 CARRANZA, ZALATIEL.
"Análisis de sistemas de software".
Universidad de Lima -Fondo editorial, 2006, Lima - Perú.
[Carranza, 2006].
- 1.3 CREUS SOLE, ANTONIO.
"Instrumentación industrial". 6.ª edición.
Alfaomega, 1998, México - México.
[Creus, 1998]
- 1.4 GATES, BILL.
"Los negocios en la era digital".
Plaza & Janés, 2000, Barcelona - España.
[Gates, 2000].
- 1.5 GLENN, NANCY Y BRAUN, DAVID.
"Making the manufacturing information systems integration
process work" [en línea].
ISA, In tech, 2002. <[http://www.isa.org/InTechTemplate.cfm?
Section= Channel_Talk1&template=/ Content
Management/Content Display .cfm& ContentID = 56331](http://www.isa.org/InTechTemplate.cfm?Section=Channel_Talk1&template=/ContentManagement/ContentDisplay.cfm&ContentID=56331)>.
[Glenn, 2002].

- 1.6 GROOVER, MIKELL P.
“Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas”. 3.^a edición. Mc Graw Hill, 2007, México - México.
[Groover, 2007]
- 1.7 HANNAM, ROGER.
“Computer integrated manufacturing: From concepts to realization”.
Adison-Wesley, 1997. Harlow - U.K.
[Hannam, 1997].
- 1.8 HORSTMANN, MARKUS y KIRTLAND, MARY.
“DCOM architecture” [en línea].
Microsoft, msdn, 23 de Julio de 1997. <<http://msdn2.microsoft.com/en-us/library/ms809311.aspx>>.
[Horstmann, 1997].
- 1.9 HYATT, KARIM.
“n-Tier application development with Microsoft.NET Part1. What is N-Tier Architecture?” [en línea].
<<http://www.microsoft.com/belux/msdn/nl/community/columns/hyatt/ntier1.mspx>>.
[Hyatt, 2005].
- 1.10 ISO/IEC 8649.
“Information technology - Open systems inter connection - Service definition for the association control service element”.
2^a edición.
ISO, 1996, USA.
[ISO, 1996].
- 1.11 JACOBSON, I; BOOCH G Y RUMBAUGH J.
“El proceso unificado de desarrollo de software”.
Pearson Educación S.A., 2000, Madrid - España.
[Jacobson, 2000]
- 1.12 KAPLAN, ROBERT S.

“The strategy focused organization; how balanced scorecard companies thrive in the new business environment”.

Harvard Business School, 2001, Boston - USA.

[Kaplan, 2001]

1.13 MAYER, R. J. Y DE WITTE P. S.

“Delivering results: evolving BPR from art to engineering” [en línea]. IDEF, Downloads, 1998. <<http://www.ideal.com/Downloads/pdf/bpr.pdf>>. [Mayer, 1998]

[Mayer, 1998]

1.14 NAKAJIMA, SEIICHI.

“Introducción al TPM Mantenimiento Productivo Total”.

Tecnologías de Gerencia y Producción, 1991, Madrid - España.

[Nakajima, 1991]

1.15 OGATA, KATSUHIKO.

“Ingeniería de control moderna”.

Prentice Hall, 1998, Minnesota - USA.

[Ogata, 1998]

1.16 OMG.

“Unified modeling language specification”, Versión 1.4.2 [en línea]. OMG, Enero del 2005. <<http://www.omg.org/docs/formal/05-04-01.pdf>>. [OMG, 2005]

[OMG, 2005]

1.17 OPC TASK FORCE.

“OPC Overview” [en línea].

OPC Foundation, 27 de Octubre de 1998.

<<http://www.opcfoundation.org/Archive/05a9e33f-7fbd-4f78-ac1b-6863414969e4/General/OPC%20Overview%201.00.pdf>>.

[OPC Task, 1998]

[OPC Task, 1998]

1.18 PORTER, MICHAEL E.

“Ventaja competitiva. Creación y sostenimiento de un desempeño superior”.

Continental, 2002, México - México.

[Porter, 2002]

- 1.19 PROMPEX.
"Boletín sectorial de exportaciones, manufacturas diversas" [en línea]. Prompex, 2006-2000.
<<http://www.prompex.gob.pe/Prompex/Portal/Sector/DefaultSector.aspx?.menuId=2>>.
[Prompex, 2006]
- 1.20 RAJAGOPALAN, R Y RAJAGOPALAN, P.
"Applications of neural network in manufacturing" [en línea].
Proceedings of the 29th Annual Hawaii International
Conference on System Sciences - IEEE 1996.
<<http://csdl2.computer.org/comp/proceedings/hicss/1996/7327/00/73270447.pdf>>.
[Rajagopalan 1996]
- 1.21 RUMBAUGH, J; JACOBSON, I Y BOOCH G.
"The Unified Modeling Language reference manual".
2.^a edición. Addison- Wesley, 2004. Massachusetts - USA.
[Rumbaugh, 2004]
- 1.22 SCHEER, A. W.
"ARIS: Business process modelling".
3.^a edición. Springer - Verlag, 2000, Berlin - Alemania.
[Scheer, 2000]
- 1.23 SHINDO, FUMIO.
"Minería de datos y modelamiento topológico basado en casos
TCBM"
Ponencia presentada en el V Simposio Internacional de
Automatización, organizado por TECSUP.
Lima, 28 - 31 de Octubre del 2003.
[Shindo, 2003]
- 1.24 SIEMENS-AUTOMATION SYSTEM.
"Simatic manual collection". [CD-rom].
Siemens, 2002, Nürnberg – Deutschland.
[Siemens, 2002]

- 1.25 SILER, BRIAN Y SPOTTS, JEFF.
“Special Edition Using Visual Basic 6”.
Pren-tice Hall, 1999, New Jersey - USA.
[Siler, 1998]
- 1.26 SUN MICROSYSTEMS, INC.
“Scaling the N-Tier Architecture” [en línea].
Sun Microsystems, Inc, 2000.
<<http://www.sun.com/software/whitepapers/wp-ntier/wp-ntier.pdf>>.
[Sun, 2000]
- 1.27 VIALARDI SACIN, CÉSAR.
“Modelamiento y análisis de sistemas de producción utilizando redes de Petri”.
Tesis para optar el grado de Master en Ingeniería de Sistemas.
Universidad de Lima, 2002. Lima - Perú.
[Vialardi, 2002].
- 1.28 VILLAMIL, JOSÉ.
“Estrategias empresariales en la economía global”.
El Comercio, 22 de Junio de 1997. Lima - Perú.
- 1.29 ZURAWSKI, RICHARD (ed.).
“Integration technologies for industrial automated systems”.
CRC Press LLC, 2006, Florida – USA.
[Zurawski, 2006]

2. Páginas web

Arc&Sparks [en línea]. <<http://www.arc-sparks.com>>.
Automated Storage Systems [en línea]. <<http://www.asrs.net>>.
CimQuest INGEAR, LLC [en línea]. <<http://www.ingeardrivers.com>>.
IBM [en línea]. <<http://www.ibm.com>>.
IDEF [en línea]. <<http://www.idef.com>>.
Infordata [en línea]. <<http://www.infordata.com.pe>>.
Intelitek [en línea]. <<http://www.intelitek.com>>.

ISA [en línea]. <<http://www.isa.org>>.
Kuka Robotics [en línea]. < [http:// www.kuka.com](http://www.kuka.com)>.
Mazak [en línea]. < [http:// www.mazak.com](http://www.mazak.com)>.
Microsoft [en línea]. <<http://www.microsoft.com>>.
MTPE [en línea]. <<http://www.mintra.gob.pe>>
OMG [en línea]. <<http://www.omg.org>>
OPC Foundation [en línea]. < <http://www.opcfoundation.org>>.
Promelsa [en línea]. <<http://www.promelsa.com.pe>>.
PROMPEX [en línea]. <<http://www.prompex.gob.pe>>.
Siemens-automation systems [en línea]. <<http://www.automation.siemens.com>>.

ANEXOS

ANEXO N° 1: RELACIÓN DE FIGURAS.

ANEXO N° 2: RELACIÓN DE CUADROS.

ANEXO N° 3: ESTRUCTURA DEL SERVIDOR OPC INGEAR.

ANEXO N° 1: RELACION DE FIGURAS

Figura 2.1	Sistema de manufactura	11
Figura 2.2	Volumen de producción y variabilidad de producto.....	17
Figura 2.3	Sistema de almacenamiento y recuperación automatizado AS/RS.....	18
Figura 2.4	Maquina CNC	20
Figura 2.5	Transportadora de rodillos	21
Figura 2.6	Robot manipulador articulado	22
Figura 2.7	Tendencia en las exportaciones.	35
Figura 2.8	Modelo de la empresa.	38
Figura 2.9	Mapa estratégico de la empresa.....	44
Figura 3.1	Sistema nervioso digital.	45
Figura 3.2	Arquitectura de 2 capas: presentación/reglas del negocio y base de datos.	52
Figura 3.3	Arquitectura de 2 capas: reglas del negocio y base de datos...	53
Figura 3.4	Arquitectura de 3 capas: presentación, negocio y datos.....	55
Figura 3.5	Arquitectura multicapa.	57
Figura 3.6	Arquitectura multicapa y productos del mercado.	63
Figura 4.1	Diagrama de casos de uso del negocio.	67
Figura 4.2	Diagrama de casos de uso del nuevo negocio.	80
Figura 4.3	Diagrama de casos de uso del sistema de software.....	81
Figura 4.4	Diagrama de casos de uso de la nueva versión del sistema. ...	83
Figura 4.5	Diagrama de casos de uso del sistema usando jerarquización. 84	
Figura 4.6	Casos de uso concretos del caso de uso abstracto Registrar cliente.....	86

Figura 4.7 Casos de uso concretos del caso de uso abstracto Registrar artículo.	88
Figura 4.8 Casos de uso concretos del caso de uso abstracto Registrar Orden de compra.	90
Figura 4.9 Diagrama de colaboración para el caso de uso crear Orden de compra.	93
Figura 4.10 Casos de uso concretos del caso de uso abstracto Registrar proceso.	94
Figura 4.11 Casos de uso concretos del caso de uso abstracto Registrar orden de producción.	96
Figura 4.12 Diagrama de colaboración para el caso de uso Consolidar orden de producción.	101
Figura 4.13 Casos de uso concretos del caso de uso abstracto Registrar equipo.	102
Figura 4.14 Casos de uso concretos del caso de uso abstracto Registrar tarea.	104
Figura 4.15 Casos de uso concretos del caso de uso abstracto Registrar repuesto.	106
Figura 4.16 Casos de uso concretos del caso de uso abstracto Registrar OT.	108
Figura 4.17 Diagrama de colaboración para el caso de uso crear OT.	112
Figura 4.18 Diagrama de colaboración para el caso de uso Generar OT.	113
Figura 4.19 Paquetes del análisis del Sistema de software.	115
Figura 4.20 Contenido del paquete de análisis órdenes de compra.	115
Figura 4.21 Contenido del paquete de análisis órdenes de trabajo.	116
Figura 4.22 Contenido del paquete de análisis órdenes de producción.	117
Figura 5.1 Diagrama de secuencia para un medidor industrial.	119
Figura 5.2 Diagrama de secuencia del sistema de control de procesos. .	120
Figura 5.3 Diagrama de secuencia para el control DNC.	121
Figura 5.4 Detalle de la clase Cliente.	123
Figura 5.5 Detalle de la clase Artículo.	124
Figura 5.6 Detalle de la clase Orden_artículo.	125

Figura 5.7	Detalle de la clase Orden_de_compra.....	126
Figura 5.8	Detalle de la clase Proceso.	127
Figura 5.9	Detalle de la clase Orden_proceso.....	127
Figura 5.10	Detalle de la clase Orden_Valor_real	128
Figura 5.11	Detalle de la clase Orden_de_producción.	128
Figura 5.12	Detalle de la clase Equipo.....	129
Figura 5.13	Detalle de la clase Repuesto.	130
Figura 5.14	Detalle de la clase Orden_repuesto.....	131
Figura 5.15	Detalle de la clase Tarea.	132
Figura 5.16	Detalle de la clase Orden_tarea.....	132
Figura 5.17	Detalle de la clase Orden_de_trabajo.....	133
Figura 5.18	Detalle de la clase Rendimiento.....	134
Figura 5.19	Detalle de la clase Interfaz OPC.....	136
Figura 5.20	Vista de la interfaz visual orden de compra.	137
Figura 5.21	Vista de la interfaz visual Orden artículo.....	138
Figura 5.22	Vista de la interfaz visual orden de producción.....	139
Figura 5.23	Vista de la interfaz visual orden proceso.	140
Figura 5.24	Vista de la interfaz visual orden de trabajo.	141
Figura 5.25	Vista de la interfaz visual Orden_repuesto.	142
Figura 5.26	Vista de la interfaz visual Orden tarea.	142
Figura 5.27	Vista de la interfaz visual servidor OPC.....	143
Figura 5.28	Vista de la interfaz visual propiedades del servidor OPC	144
Figura 5.29	Paquetes del sistema.....	145
Figura 5.30	Clases del paquete Ordenes de compra.....	147
Figura 5.31	Clases del paquete Ordenes de producción.	148
Figura 5.32	Clases del paquete Ordenes de trabajo de mantenimiento	149
Figura 5.33	Diagrama de Componentes.	151
Figura 5.34	Diagrama de despliegue del sistema.	152
Figura 5.35	Menú principal del sistema integrado.....	154
Figura 5.36	Interfaz de consulta de equipo.....	154
Figura 5.37	Interfaz de consulta de repuesto.....	155
Figura 5.38	Interfaz de consulta de tarea.....	155

Figura 5.39	Interfaz para registro de órdenes de trabajo.	156
Figura 5.40	Interfaz de consulta de procesos	157
Figura 5.41	Interfaz de consulta de disponibilidad	157
Figura 5.42	Interfaz de consulta datos en tiempo real	158
Figura 5.43	Interfaz para registro de órdenes de producción.....	158
Figura A.1	Diagrama de clases de la interfaz OPCServer	195
Figura A.2	Detalle de la clase OPCServer.....	196
Figura A.3	Detalle de la clase OPCGroups.....	198
Figura A.4	Detalle de la clase OPCGroup.....	200
Figura A.5	Detalle de la clase OPCItems	203
Figura A.6	Detalle de la clase OPCItem.....	206

ANEXO N° 2: RELACION DE CUADROS

Cuadro 2.1 Monto de las exportaciones de la empresa.....	35
Cuadro 2.2 Indicadores de desempeño	39
Cuadro 2.3 Tiempos de manufactura	41
Cuadro 2.4 Recursos tecnológicos de la empresa	43
Cuadro 5.1 Reporte de tasa de operación y calidad	159
Cuadro 5.2 Reporte de eficiencia de operación	160
Cuadro 6.1 Plan de ejecución del proyecto de integración	162
Cuadro 7.1 Estimación de la inversión en hardware	166
Cuadro 7.2 Estimación de la inversión en software	167
Cuadro 7.3 Resumen de la estimación de la inversión	168
Cuadro 7.4 Beneficios esperados	169

ANEXO N° 3: ESTRUCTURA DEL SERVIDOR OPC INGEAR

El Servidor OPC Ingear (Interfaz OPCServer) está basado en el modelo de implementación de la especificación de la interfaz OPC Automation 2.0. En la figura A.1 se muestra el diagrama de clases de la interfaz OPCServer.

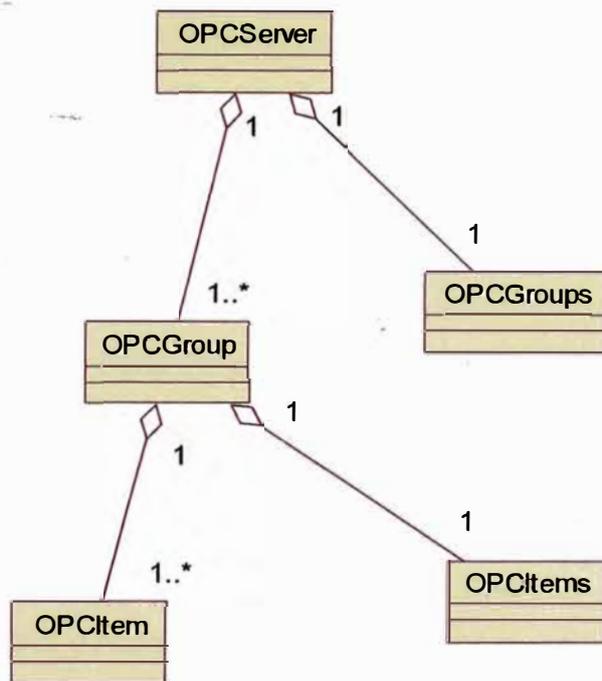


Figura A.1 Diagrama de clases de la interfaz OPCServer

i. OPCServer.

Las propiedades de la clase OPCServer contienen información general sobre el servidor, de modo que cuando se crea una instancia de la clase OPCServer, también se crea un objeto de colección de OPCGroup como propiedad del objeto OPCServer.



Figura A.2 Detalle de la clase OPCServer

Las propiedades de la clase OPCServer son:

StartTime

Indica fecha y hora en la que se inició el servidor.

CurrentTime

Indica fecha y hora actual, tal y como el sistema se la indica al Servidor.

LastUpdateTime

Indica fecha y hora en la que el servidor envió la última actualización de los datos al cliente.

MajorVersion

Es el número mayor de la versión del servidor.

MinorVersion

Es el número menor de la versión del servidor.

BuildNumber

El número de serie del servidor.

VendorInfo

Contiene información sobre el proveedor.

ServerState

Informa sobre el estado del servidor.

Bandwidth

Ancho de banda del servidor.

OPCGroups

Es una colección de objetos OPCGroup

PublicGroupNames

Proporciona los nombres de los grupos públicos que proporciona el servidor.

OPCServers

Contiene información de los nombres (ProgID) de los servidores OPC registrados.

Los métodos de la clase OPCServer son:

Connect ()

Genera un enlace con un servidor OPC.

Disconnect ()

Desconecta el enlace al servidor OPC.

ReleaseAll ()

Borra todos los grupos y elementos actuales a modo de preparación para la desconexión.

CreateBrowser ()

Crea un objeto de la categoría de buscador OPC para determinar el área de direccionamiento del servidor.

GetErrorString ()

Emite el mensaje de error referente a un código de error específico.

ii. OPCGroups.

La clase OPCGroups es una clase de colección que permite crear y administrar los grupos OPC. Las propiedades predeterminadas de los

grupos OPC especifican los valores por defecto para la creación de todos los grupos OPC.

Las propiedades de la clase OPCGroups son:

Parent Servidor OPC

Proporciona una referencia al objeto servidor OPC correspondiente.

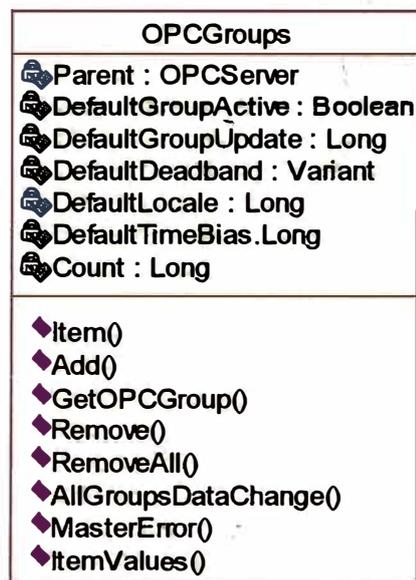


Figura A.3 Detalle de la clase OPCGroups

DefaultGroupActive

Especifica el valor inicial de la propiedad "ActiveState" de grupos OPC recién creados.

DefaultGroupUpdate

Especifica el valor inicial de la propiedad "update rate" de grupos OPC recién creados.

DefaultDeadband

Especifica el valor inicial de la propiedad "Deadband" de grupos OPC recién creados.

DefaultLocale

Especifica el valor inicial de la propiedad "locale ID" de grupos OPC recién creados.

DefaultTimeBias

Especifica el valor inicial de la propiedad "time bias" de grupos OPC recién creados.

Count

Propiedades necesarias para la colección, indica el nombre de entradas

Los métodos de la clase OPCGroups son:

Item()

Proporciona una referencia al objeto de la colección indexado.

Add()

Crea un grupo en el objeto servidor.

GetOPCGroup()

Proporciona la referencia al grupo OPC indicado por el nombre o por el handle del servidor.

Remove()

Borra un grupo del servidor.

RemoveAll()

Borra todos los grupos y elementos del servidor.

Los eventos de OPCGroups son:

AllGroupsDataChange ()

Este evento simplifica el procesamiento de eventos de todos los grupos de la colección informando sobre los cambios en el valor y el estado de todos los elementos de todos los grupos.

iii. OPCGroup.

La clase OPCGroup gestiona las variables individuales del proceso, es decir los elementos OPC. De esta manera, un cliente puede formar

unidades con sentido semántico de elementos OPC y ejecutar operaciones con ellas.

Las propiedades de la clase OPCGroup son:

Parent Servidor

Proporciona una referencia al objeto servidor OPC correspondiente

Name

Proporciona el nombre del grupo

IsPublic

Indica un valor booleano "True" si el grupo es público, en caso contrario "False"

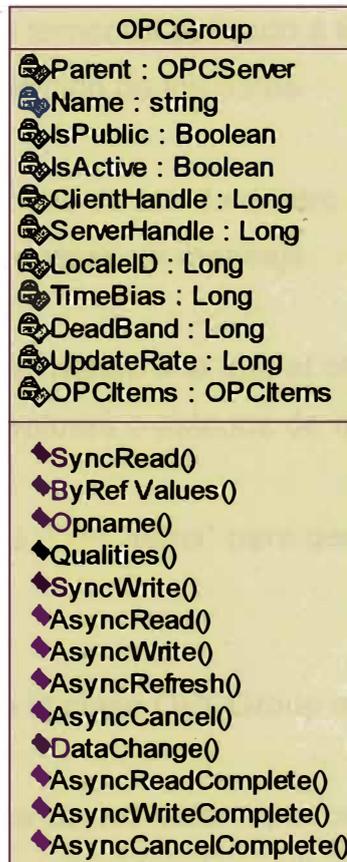


Figura A.4 Detalle de la clase OPCGroup

IsActive

Estado activo del grupo. Un grupo activo crea eventos para todos los elementos activos del grupo.

ClientHandle

Un handle asignado por el cliente y que puede ser utilizado en el programa cliente para la localización de datos.

ServerHandle

Un handle único para el grupo por parte del servidor. El cliente debe hacer referencia a este handle con uno de los numerosos métodos que repercuten en el grupo.

LocaleID

Especifica el ID de idioma para cadenas proporcionadas por el Servidor.

TimeBias

Indica el retardo temporal aplicado a la hora local para cambiar la hora de adquisición de los datos.

DeadBand

Especifica un ancho de banda dentro de la cual los cambios en los valores no generan un mensaje.

UpdateRate

La velocidad más rápida a la que el cliente recibe información de cambios en valores o estados de elementos

OPCItems

Recopila objetos "OPCItems" para gestionar los elementos de un Grupo

Los métodos de la clase OPCGroup son:

SyncRead()

Lectura síncrona de los valores, información de estado ú hora de acceso de uno o más elementos de un grupo. Los valores pueden leerse desde la memoria caché del servidor o

directamente desde el hardware. La lectura desde la memoria caché sólo es posible si el grupo está activado.

SyncWrite()

Escritura sincronizada de valores de uno o más elementos de un grupo en el hardware.

AsyncRead()

Envía una orden de lectura síncrona. El resultado se indica con el evento "AsyncReadComplete".

AsyncWrite ()

Envía una orden de escritura asíncrona. El resultado se indica con el evento "AsyncWriteComplete".

AsyncRefresh()

Solicita un valor actual para cada elemento OPC activo. Los resultados se indican con el evento "DataChange".

AsyncCancel ()

Cancela un trabajo asíncrono pendiente.

Los eventos de la clase OPCGroup son:

DataChange()

El evento DataChange se produce cuando se detecta que un elemento activo tiene un cambio de valor o un cambio de calidad. La comprobación de los cambios de los valores los activa el temporizador UpdateRate. Sólo se crean elementos activos dentro de un grupo de eventos.

AsyncReadComplete()

El evento AsyncReadComplete se activa cuando se completa un trabajo de lectura.

AsyncWriteComplete()

El evento AsyncWriteComplete se activa cuando se completa un trabajo de escritura.

AsyncCancelComplete()

El evento AsyncCancelComplete se activa cuando se completa un trabajo de interrupción.

Especifica el valor inicial de la propiedad "Active State" de elementos recién insertados. El valor por defecto está activado.

Count

Propiedades necesarias para la colección, indican el nombre de entradas.

Los métodos de la clase OPCItems

Item ()

Proporciona una referencia al elemento de la colección descrito por el indicador ItemSpecifier. Por otro lado, el método "GetOPCItem" proporciona una referencia a través del handle del servidor.

GetOPCItem()

Proporciona una referencia al handle del servidor creado mediante Add.

Add()

Inserta uno o más elementos en la colección OPCItems de un grupo. Se puede insertar un elemento OPC varias veces en el mismo grupo. En tal caso, cada uno de los elementos tiene su propio handle de servidor. Los handles de servidor sólo son únicos dentro de un grupo y no para todos los elementos de todos los grupos.

Remove()

Borra uno o más elementos de un grupo.

Validate()

Comprueba la validez de un elemento OPC, por ejemplo si ha sido insertado sin que se produjera ningún error y proporciona información como por ejemplo el tipo de datos canónico.

SetActive()

Ajusta el estado activado de uno o más elementos de un grupo.

SetClientHandles()

Cambia el handle de cliente para uno o más elementos de un grupo.

SetDataTypes()

Ajusta el tipo de datos necesario de uno o más elementos de un grupo.

v. OPCItem.

La clase OPCItem proporciona un vínculo con una variable del proceso, conectada físicamente al módulo de entrada de un PLC. Una variable de proceso es un dato de las E/S del proceso que puede escribirse o leerse. Cada variable de proceso está asociada a un valor, a una calidad de dato y a una fecha de acceso.

Los atributos de la clase OPCItem son:

ItemID

El nombre único del elemento tal y como está especificado en la función Add.

IsActive

Valor booleano. Especifica si se crearán eventos de mensaje para este elemento.

RequestedDataType

El tipo de datos en el que se proporciona el valor del elemento.

Value

El último valor válido de la variable (propiedad por defecto del objeto OPCItem)

Quality

La calidad del último valor leído. La calidad indica la validez del valor de la variable.

TimeStamp

Fecha y hora a la que se adquirió el último valor.

CanonicalDataType

El tipo de datos originales del elemento.

EUType

Número entero. Identifica la unidad del valor Si no hay ninguna unidad disponible, el valor siempre es "VT_EMPTY".

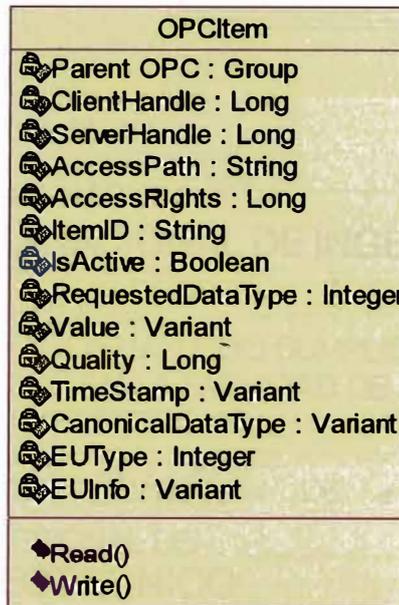


Figura A.6 Detalle de la clase OPCItem

EUInfo

Información sobre la unidad del valor.

Parent OPC

Proporciona una referencia a la clase OPCGroup superior.

ClientHandle

Un handle libremente definible por el usuario que permite asignar simple de una variable de proceso en estructuras de datos internas del cliente.

ServerHandle

Un handle único asignado al elemento por el servidor. Este handle es necesario en diferentes operaciones para identificar un elemento.

AccessPath