

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de ingeniería Industrial y de Sistemas



**MEJORA EN EL PROCESO DE PRODUCCION
DE LA ESTRUCTURA METALICA DE CINCO
BARCAZAS TIPO TOLVA
EN UNA EMPRESA NAVIERA**

INFORME DE SUFICIENCIA

**Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Industrial**

María Katia Torres Guevara

LIMA - PERU

2013

Dedicado a todos los hombres y mujeres que luchan por alcanzar sus metas, a todos los que quieren un mundo mejor, basado en la fe y el esfuerzo del trabajo.

Agradezco a Dios porque me regalo la vida para desarrollarme como persona y profesional. a mis padres que con su cariño y esfuerzo me ayudaron a alcanzar mis metas y a mi comunidad que me animó a seguir a pesar de los problemas que se presentaron.

INDICE

RESUMEN EJECUTIVO	4
DESCRIPTORES TEMATICOS	5
INTRODUCCIÓN.	6
CAPITULO I: PENSAMIENTO ESTRATÉGICO	7
1.1. DIAGNÓSTICO FUNCIONAL	7
1.1.1. Identificación de la Empresa	7
1.1.2. Organización de la Empresa	8
1.1.3. Producto	10
1.1.4 Proveedores	11
1.1.5 Cliente	12
1.1.6 Procesos de la Empresa	12
1.1.7 Diagrama de Organización para las barcazas	15
1.2. DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO	16
1.2.1. Misión	16
1.2.2. Visión	16
1.2.3. Valores	16
1.2.4. Lema empresarial	17
1.2.5. Análisis interno y externo - FODA	17
Micro ambiente	17
Fortaleza	17
Debilidades	18
Macro-ambiente	18
Oportunidades	18
Amenazas	19
1.2.6. Objetivos Estratégicos Generales	20
1.2.6.1 Objetivos específicos	20
CAPITULO II: MARCO TEORICO Y METODOLÓGICO	22
2.1. PROCESO.	22
2.1.1. ELEMENTOS BASICOS DE UN PROCESO	23

2.2. MODELO CLIENTE – PROVEEDOR INTERNO	23
2.3. MEJORA CONTINUA	24
2.4. TECNOLOGIAS DE UNION	25
2.4.1. Clasificación de los procesos de soldeo	26
2.4.2 Principales procesos de soldeo por fusión	27
CAPITULO III: PROCESO DE TOMA DE DECISIONES.	36
3.1. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA.	36
3.1.1 Procesos que intervienen en el proceso Productivo	37
-Calderería y soldadura	37
-Instalación de Máquinas	39
-Fabricación e instalación de tuberías	40
3.1.2 Etapas en el proceso de producción	41
3.1.3 Diagrama de Ishikawa	41
3.2. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION.	47
3.2.1 Mejoras en el proceso de producción	47
3.2.2 Tercerización de la 3 y 4 Barcaza	47
3.3. SELECCIÓN DE UNA ALTERNATIVA DE SOLUCION.	47
3.3.1. Identificación de variables.	47
3.3.2. Situación de las variables	48
Alternativa N°1 (Proponer y ejecutar mejoras en el procesos de calderería y soldadura)	48
Alternativa N°2 (Tercerización de la 3 y 4 Barcaza)	48
3.3.3. Evaluación de alternativas	47
3.4. PLAN DE ACCIÓN DE LA SOLUCIÓN SELECCIONADA.	49
1° Etapa	49
2° Etapa	51
3° Etapa	56
3.5. RESULTADO DE LA SOLUCIÓN PLANTEADA.	58
CAPITULO IV: ANALISIS COSTO BENEFICIO	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
CONCLUSIONES.	65
RECOMENDACIONES.	67

GLOSARIO DE TERMINOS	68
BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXO	70

RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe persigue el objetivo central de presentar las mejoras en el proceso de producción de la estructura metálica, "Calderería y soldadura", de Cinco Barcazas Tipo Tolva realizado en una empresa dedicada entre otras actividades a las construcciones navales. La construcción de las cinco barcazas tipo tolva es un proyecto con año y medio de duración aproximadamente. Se comienza con la producción de las dos primeras barcazas y se propone las mejoras del proceso para las dos siguientes y por último para la quinta barcaza.

Se deben cumplir con los hitos de entrega según cronograma y buscar un tiempo de holgura para poder realizar la entrega de las barcazas a Panamá sin riesgo a retrasos.

Se presentan los problemas principales como la demora en la entrega de planchas de acero naval por parte del proveedor para dar inicio a la construcción de las dos primeras barcazas y la demora en el proceso de erección debido a la elección del método de soldeo empleado.

La Solución principal será realizar actividades simultáneas que involucren la participación de otras áreas y el cambio de proceso de soldadura para la etapa de sub-ensamble, ensamble y erección de módulos. Otras soluciones secundarias involucran la contratación adicional de personal para el área de acabados y la compra de nueva tecnología para incrementar la productividad en el proceso de sub ensamble, ensamble erección.

DESCRIPTORES TEMATICOS

- Proceso de Producción
- Mejora continua
- Construcción por Módulos
- Soldeo
- Soldadura
- Estructura Metálica
- Barcaza tipo Tolva
- Empresa naviera

INTRODUCCION

En la última década las inversiones de capital nacional o extranjero en el Perú han tenido una tendencia de crecimiento, y se pronostica que seguirá así en los próximos años. Esta realidad en nuestra economía trae como consecuencia el nacimiento de nuevas industrias y el reforzamiento de las existentes para poder satisfacer la futura demanda.

Este efecto económico sugiere el origen y la participación en nuevas obras y proyectos en diferentes industrias como la textil, química, supermercados, construcción civil, centros de recreación así como en la industria naval y metal mecánica. Para todos los sectores este efecto se resume en una gran oportunidad de participar en el mercado nacional e internacional y para ello las empresas tienen que tener una buena propuesta poder ganar las licitaciones en la que se participe.

El SIMA entra a competir en el mercado con una propuesta de flexibilidad en el proceso productivo para los “nuevos proyectos”, quiere decir un compromiso con el cliente de buscar a lo largo de la realización de los proyectos propuestas de mejoras. Sobre todo en el área de diseño y producción, así como en la capacitación de los operarios, compra de nuevas maquinarias y equipos.

CAPITULO I:

PENSAMIENTO ESTRATÉGICO

1.1 *DIAGNOSTICO FUNCIONAL*

1.1.1 *Identificación de la Empresa*

SIMA es una empresa estatal de derecho privado que opera de acuerdo a la política del Ministerio de Defensa, de la Comandancia General de la Marina y del Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado (FONAFE). Cuenta con tres centros de operación, ubicados estratégicamente en puertos marítimos y fluviales del Perú.

Los Servicios Industriales de la Marina S.A., conocido como SIMA, fue creada el año 1950, continuando con las actividades de la antigua Factoría Naval de Bellavista fundada en 1845. Progresivamente, fue ampliando su capacidad operativa, primero hacia la construcción naval siendo pionera de esta actividad en la región y luego dedicándose a la fabricación de grandes estructuras metal mecánicas.

En la actualidad, SIMA es una de las principales empresas de la región en el ámbito de la industria naval y metal mecánica, siendo sus trabajadores la principal razón de ese logro y el activo más valioso

que le permite situarse como una empresa de vanguardia. Emplea a más de 2 mil personas, entre ingenieros y personal técnico de amplia experiencia, con la capacidad suficiente de responder a las situaciones más complicadas, planteando de inmediato soluciones innovadoras.

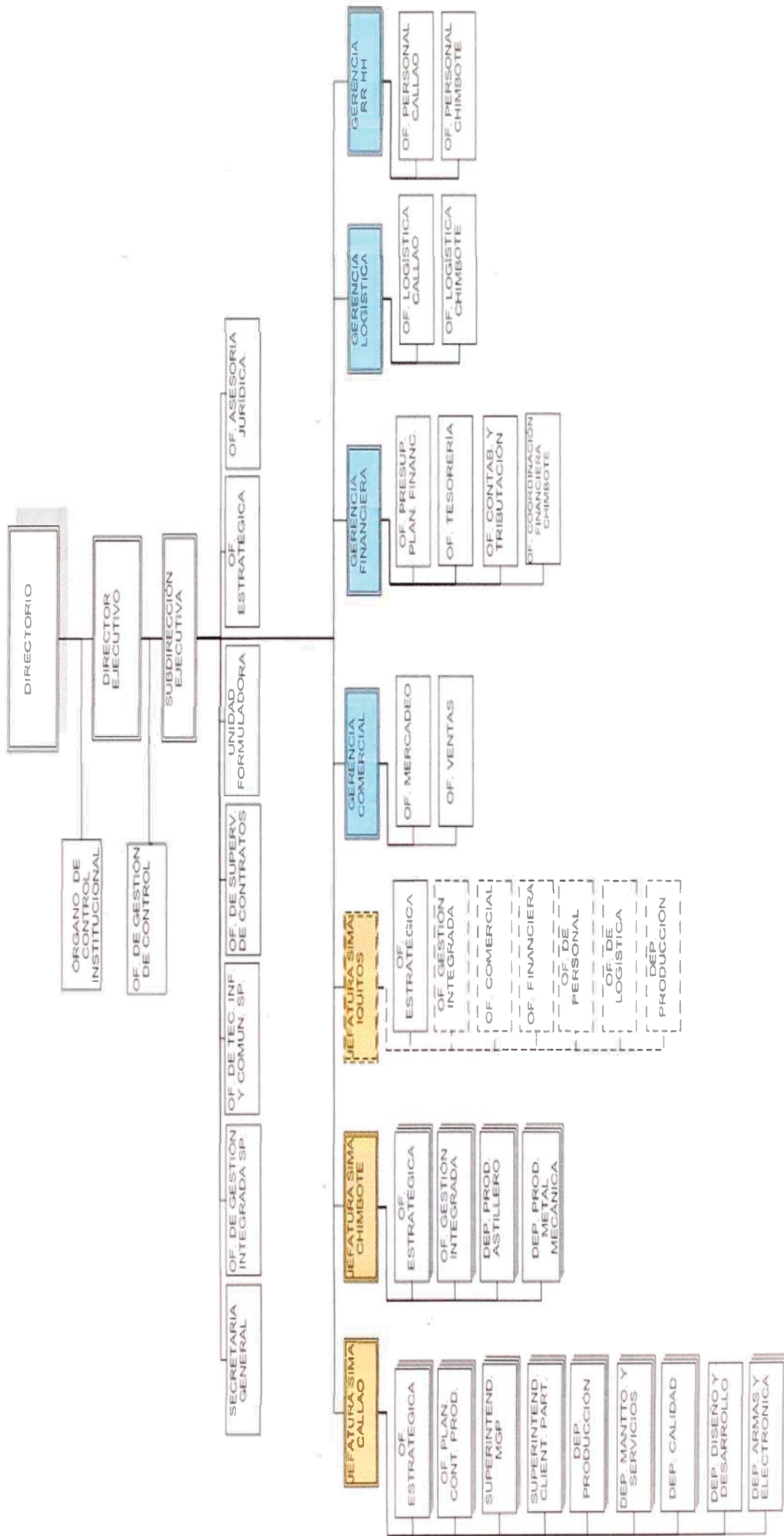
Para cumplir su **objetivo** cuenta con la Trinorma ISO 9001 (Calidad de los Productos), OHSAS 18001 (Seguridad y Salud), e ISO 14001 (Protección al Medio Ambiente), garantizando con ello la efectividad de sus operaciones. , cumpliendo con nuestro compromiso de la mejora continua en los procesos, recibiendo por ello el reconocimiento de nuestros clientes.

SIMA, aprovechando debidamente las ventajas geográficas de sus Centros de Operación ubicados en el Callao, principal puerto marítimo del Pacífico Sur, en Chimbote, importante puerto pesquero ubicado en la costa norte del país y en Iquitos, a orillas del río Amazonas. Dichos centros cuentan con amplias instalaciones que incluyen gradas de construcción, diques de reparación, varaderos, muelles y parqueaderos, así como talleres debidamente equipados que nos permiten atender de manera eficiente y oportuna los requerimientos de una gran cantidad de clientes.

1.1.2 Organización de la Empresa

SIMA tiene una organización mixta, que incluye las áreas básicas de toda la organización y también a las bases de Lima, Chimbote e Iquitos. A continuación se aprecia el organigrama de la empresa.

Diagrama N° 1: Organigrama del SIMA



Fuente: Intranet del SIMA

1.1.3 Productos

A la fecha, SIMA registra la construcción de más de un millar de embarcaciones entre las que destacan buques de alto bordo de diversos tipos y tamaño, buques de guerra, pesqueros, remolcadores de alta mar, embarcaciones fluviales, entre otros, así como centenares de estructuras metálicas entre puentes carreteros y peatonales, equipos hidromecánicos, estructuras ferroviarias y portuarias. Los productos y servicios que ofrece al mercado nacional tienen destino de exportación.

Figura N°1: **Producto tradicionales**

Buques de Alto bordo



Fuente: Intranet SIMA

Figura N°2: **Productos nuevos**

Remolcadores



Fuente: Intranet SIMA

Figura N°3: **Producto realizado por primera vez**
Barbazas tipo Tolva



Fuente: Intranet SIMA

1.1.4 Proveedores

Debido a que la empresa es del tipo manufacturera, se necesita de materia prima para poder fabricar los productos requeridos por nuestros clientes; por tal motivo trabajamos con proveedores de 1º nivel, principales proveedores de acero a nivel nacional e internacional, lo cual entre otros factores de selección se puede mencionar:

- ✓ Confianza en la entrega del material en la fecha solicitada
- ✓ Precios de compra a nivel de importador o fabricante
- ✓ Mejores condiciones de pago
- ✓ Entrega de certificados de calidad de acero
- ✓ Transporte del material al Astillero
- ✓ Respaldo y compromiso de entrega ante algún imprevisto

Entre nuestros principales proveedores tenemos:

- ✓ SOLDEXA
- ✓ EXSA

1.1.5 Clientes

SIMA Atiende a la Marina de Guerra del Perú y a clientes particulares nacionales y extranjeros.

Algunos clientes particulares en los últimos proyectos:

- ✓ Autoridad del Canal de Panamá
- ✓ Ultratug Chile
- ✓ Ultratug Colombia
- ✓ Corporación Pesquera Inca S.A.C.
- ✓ Gobierno Regional de Lambayeque
- ✓ IMI del Perú S.A.C.
- ✓ Calvo Pesca

1.1.6 Procesos de la Empresa

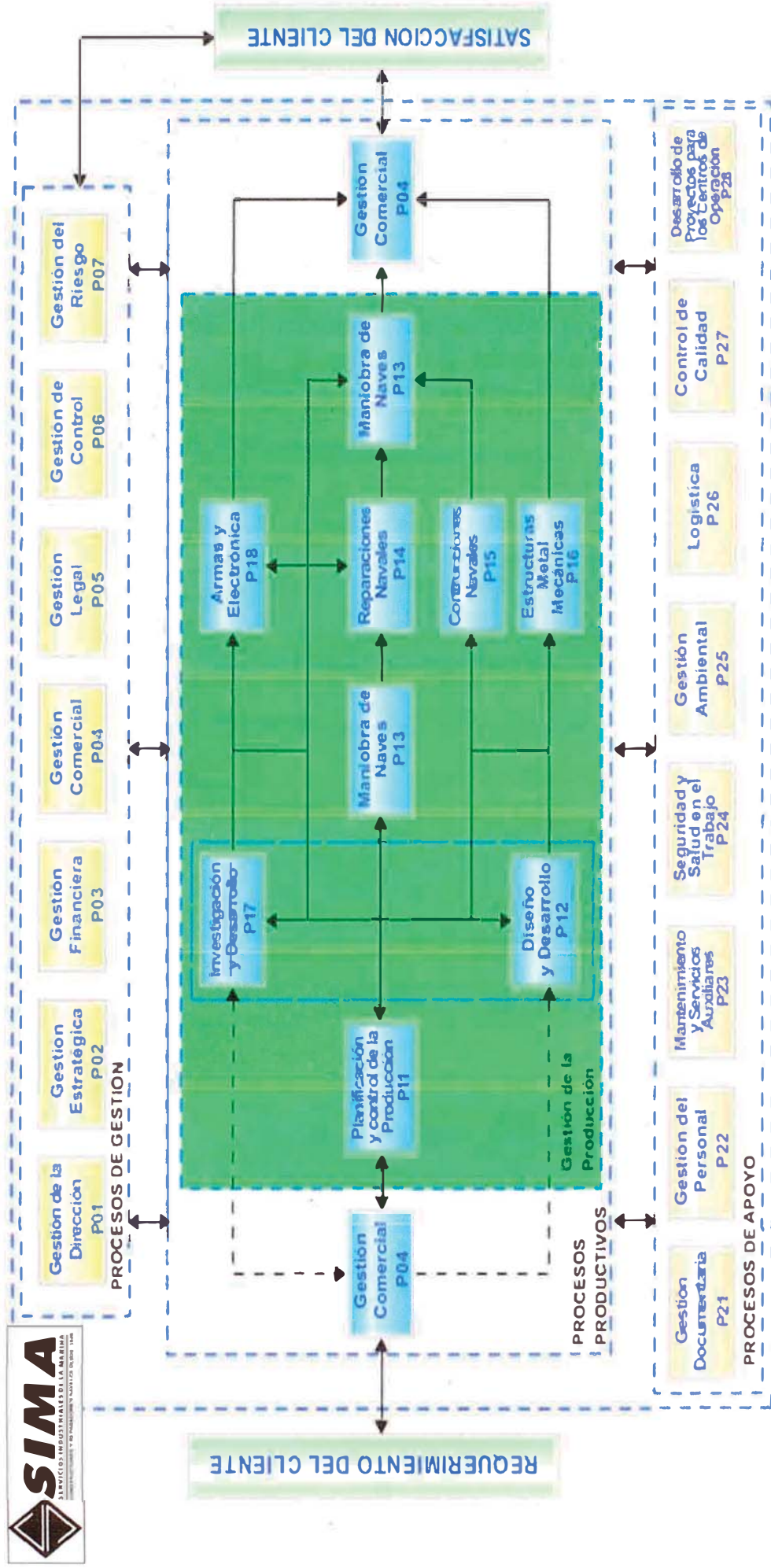
El conjunto de procesos que emplea el SIMA engloban todas las operaciones necesarias para llegar a alcanzar la satisfacción de sus clientes plasmada en construcciones y reparaciones de naves, así como las construcciones de las estructuras metálicas.

Todas estas operaciones contribuyen a la modificación de la forma del acero nava y aceros afines. Las modificaciones del acero son de forma y resistencia, tamaño y estética hasta convertirse en embarcaciones navales y estructuras metálicas como los puentes o muelles.

La obtención de productos en el SIMA necesita de un conjunto muy grande de operaciones individuales. Operaciones como la dirección de la empresa, como desarrollar estrategias, administrar los recursos, financiar los proyectos, etc. forman parte de los procesos de Gestión para la construcción, reparación de las naves y construcción de las estructuras metálicas. Las operaciones que tienen que ver con el planeamiento de la producción y la producción misma, como soldar, operar las máquinas de corte, diseñar las modificaciones que requiere el cliente, maniobrar y trasladar los productos son parte de los Procesos Productivos. Y las operaciones como la compra de los recursos necesarios para la producción, encargarse de la documentación, dar mantenimiento a las máquinas, asegurar que el trabajo sea seguro, asegurar la calidad del producto, contratar personal calificado son parte de los procesos de apoyo para la construcción, reparación de las naves y construcción de las estructuras metálicas.

A continuación presentamos el mapa de procesos que ayudan a alcanzar la satisfacción del cliente

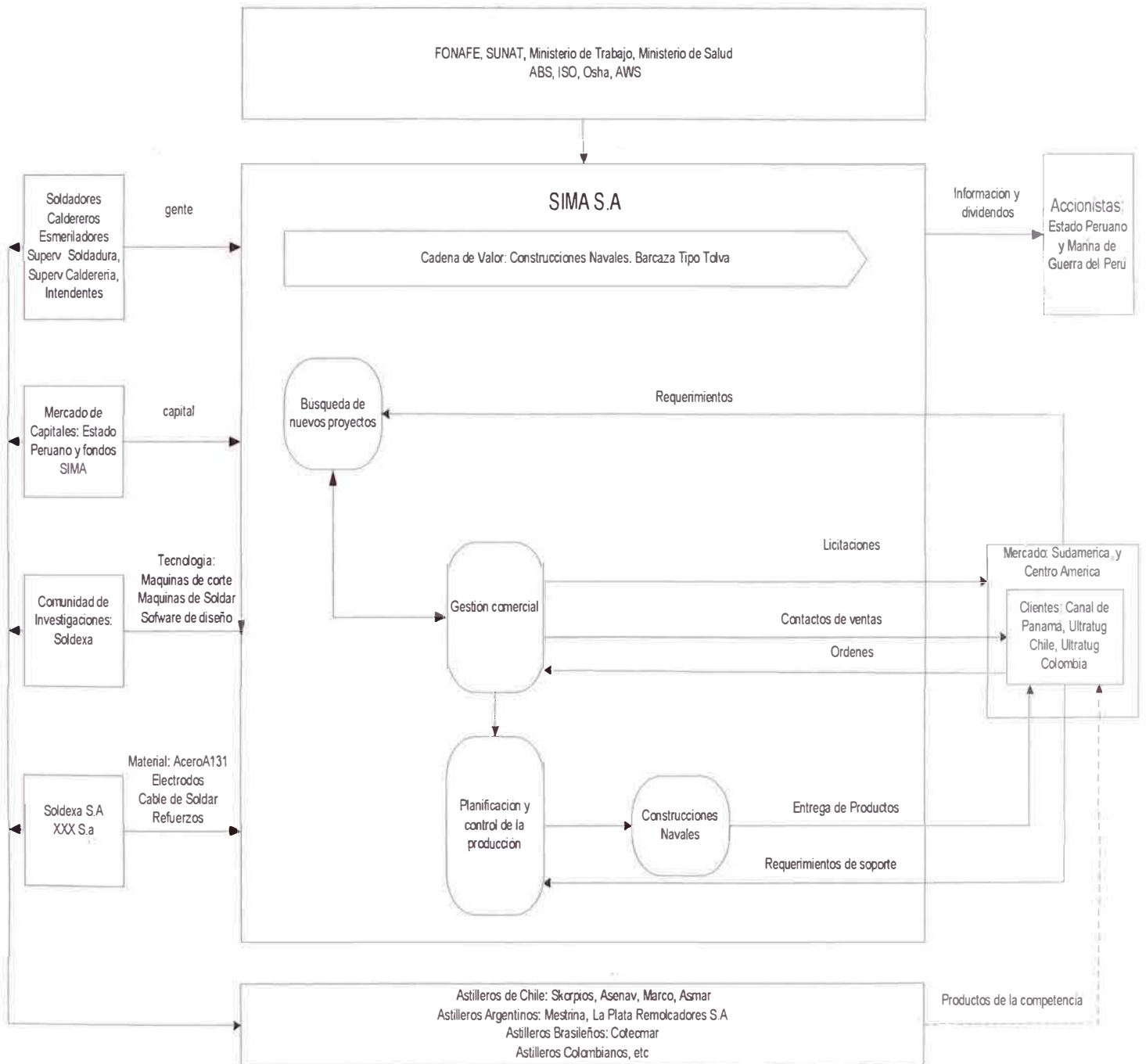
Diagrama N° 2: Mapa de procesos



Fuente: Intranet SIMA

1.1.7. Diagrama de organización del SIMA para la construcción de las Barcazas

Diagrama N°3: Procesos principales involucrados en la construcción de las Barcazas tipo Tolva



Fuente: Elaboración propia

1.2. DIAGNOSTICO ESTRATÉGICO

1.2.1 Misión

Efectuar el mantenimiento, modernización, diseño y construcción de las unidades de la Marina de Guerra del Perú y complementariamente ejecutar proyectos relacionados con la industria naval y metal mecánica para el sector estatal y privado, dentro de los más exigentes estándares de calidad, con el fin de contribuir a la Defensa Nacional y al desarrollo socio-económico y tecnológico del país.

Del mismo modo, la atención especial a los empresarios navieros e industriales, nacionales y extranjeros, en la ejecución de proyectos que nos soliciten, los cuales se realizan conforme a las normas técnicas y legales vigentes.

1.2.2 Visión

Ser reconocido como el mejor Astillero Naval en Latinoamérica, orgullo de la industria nacional.

1.2.3 Valores

- ✓ Entrega del personal
- ✓ Identificación y orgullo de ser trabajador de SIMA-PERÚ S.A
- ✓ Destreza y calidad del trabajo
- ✓ Integridad
- ✓ Competencia
- ✓ Compromiso con la mejora continua

1.2.4 Lema Empresarial

*“CONSTRUCTORES Y REPARADORES NAVALES DESDE
1845”.*

1.2.5 Análisis Interno y Externo - FODA

Microambiente

Fortalezas

- ✓ Personal y equipamiento altamente especializado.
- ✓ Capacidad instalada para la producción de bienes y servicios de la industria naval y metalmecánica pesada.
- ✓ Capacidades estratégicas para la Defensa Nacional
- ✓ Estratégica ubicación geográfica de Centros de Operación.
- ✓ Certificación de la Calidad ISO 9001 y Sistema de Gestión Integrada.
- ✓ Prestigio de la marca SIMA, a nivel nacional e internacional, ganado a través del alcance de la misión comprende el desarrollo de las actividades relacionadas con la industria naval en materia de construcción y reparaciones navales para la Marina de Guerra del Perú, y de las instalaciones y unidades que constituyen su equipamiento, entre otros elementos exigidos por la Seguridad Nacional; dichas actividades son prioritarias, estratégicas y de preferente interés nacional. as de 50 años de actividad empresarial.
- ✓ Capacidad de apalancamiento y tasas preferenciales en el mercado financiero.
- ✓ Personal de producción con amplia experiencia y motivado.
- ✓ Crecimiento de ventas, nuevos clientes y productos de tecnología avanzada.

Debilidades

- ✓ Parte del equipamiento y maquinaria es antiguo, registra productividad restringida y no permite mayores reducciones de costos de operación y mantenimiento.
- ✓ Remuneraciones reducidas, menores a las de mercado y a las de otras empresas estatales, usencia de incentivos económicos al personal.
- ✓ Personal con edad promedio superior a los 50 años.
- ✓ Capacidad instalada parcialmente subutilizada (diseñada para construcciones navales de alto bordo).
- ✓ Se mantienen líneas de negocio deficitarias que resultan necesarias para el cumplimiento del objeto social.
- ✓ Capacidad financiera limitada para grandes inversiones en diques secos y flotantes, maquinaria pesada.
- ✓ Extenso proceso administrativo estatal para la aprobación de la autorización de endeudamiento de largo plazo.

Macro-ambiente

Oportunidades

- ✓ Economía peruana en buen estado, mantiene niveles de crecimiento apropiados, bajos niveles de tasas de interés, tasa de inflación controlada.
- ✓ Existen servicios no cubiertos en el mercado extranjero como la construcción de remolcadores azimutales, compuertas hidráulicas y tuberías gigante.
- ✓ Mercado local de metalmecánica en crecimiento: Aumento sostenido de obras de construcción y proyectos por inversión pública y privada. Descentralización política y económica del país con presupuestos administrados por gobiernos regionales.

- ✓ Mercado local industria naval: Tendencia a la construcción de naves pesqueras de mediano porte y ampliaciones de bodega.
- ✓ Mercado internacional: Firma de Tratados de Libre Comercio con EE.UU., Canadá, Singapur y China, probable firma de Tratados de Libre Comercio con la Unión Europea, Japón, México y otros generan oportunidades para exportaciones.
- ✓ Competencia: Inexistencia de astilleros de alto bordo en 3,000 kilómetros a la redonda. Barreras de ingreso de nuevos competidores: alto monto de inversión y tecnología.
- ✓ Disponibilidad de mano de obra calificada en el mercado laboral peruano, mejora de la calidad del profesional y técnico peruano.

Amenazas

- ✓ Marco legal restrictivo: Normatividad del Estado no permite libertad de gestión equivalente a empresas privadas.
- ✓ Mercado local limitado: Inexistencia de una Marina Mercante Nacional, reducción de flota pesquera por implantación de cuotas de pesca, restricción de trabajos para la Marina de Guerra por reducción del Presupuesto de Defensa.
- ✓ Mercado internacional con incertidumbre: Crisis económico – financiera internacional con impacto en recesión. Volatilidad de precios internacionales que afectan a la industria naval: acero, combustibles, dólar americano.
- ✓ Proveedores: Industria local con capacidades técnicas limitadas.
- ✓ Competidores: Astilleros extranjeros con alto nivel de tecnificación y automatización en construcciones navales.
- ✓ Mejora de capacidad instalada de astilleros nacionales de bajo bordo
- ✓ Entorno: Plan de Desarrollo del Terminal Marítimo del Callao considera la construcción de un muelle para minerales, lo cual restringe el área marítima de operación de SIMA-CALLAO.

- ✓ Riesgo de fenómenos naturales: Desborde de río Rimac en SIMA-CALLAO, Arenamiento del muelle del sincro elevador de SIMA-CHIMBOTE por acción del río Lacramarca.

1.2.6 OBJETIVOS ESTRATEGICOS GENERALES

Modernizar la infraestructura, maquinaria, herramientas e instrumentos con la finalidad de atender óptimamente los requerimientos de la Marina de Guerra del Perú y de sus clientes estatales y privados.

1.2.6.1 Objetivos Específicos

- ✓ Contar con la infraestructura necesaria para producir bienes y servicios de calidad.
- ✓ Contar con la infraestructura necesaria para el cumplimiento de la normatividad de Seguridad y Salud ocupacional (DS 009-2005-TR y OHSAS 18001).
- ✓ Contar con una organización moderna y flexible que facilite y mejore la eficiencia y eficacia de los procesos con estándares de calidad.
- ✓ Mejorar los Procesos y el Sistema de Información, modernizando la infraestructura informática.
- ✓ Implementar prácticas de gestión basadas en estándares internacionales.
- ✓ Fortalecer la imagen de la empresa.
- ✓ Contar con personas competentes, en cantidad suficiente y a costos razonables a fin de cumplir con el objeto social de SIMA-PERU S.A. Mejorar el clima laboral, Mejorar las competencias del personal de SIMA-PERU S.A.

- ✓ Obtener niveles financieros adecuados que permitan sostener el desarrollo de los Centros de Operación.
- ✓ Satisfacer los requerimientos de bienes y servicios de la Marina de Guerra del Perú, clientes estatales y privados, superando sus expectativas.
- ✓ Incrementar ventas colocadas.
- ✓ Mantener clientes plenamente satisfechos. Diseñar y desarrollar productos para los clientes estatales y particulares de SIMA-PERU S.A.

Figura N°4: Aspectos del Sistema Integrado de Gestión



Fuente: Intranet SIMA

Figura N°5: Logos de la tri- norma del sistema integrado de gestión



Fuente: Intranet SIMA

CAPITULO II

MARCO TEORICO Y METODOLÓGICO

2.1 PROCESO

Un proceso puede ser definido como cualquier actividad o conjunto de actividades relacionadas entre sí, que emplean INSUMOS (Entradas), le agregan valor a éstos, transformándolos en PRODUCTOS (Salidas) que se suministran a clientes (internos o externos).

Los procesos utilizan los recursos para poder transformar los insumos en productos y alcanzar los objetivos de la producción y de la organización en su conjunto.

Los procesos pueden comprender otros procesos más pequeños o sub procesos y formar parte de procesos más grandes o macro procesos. Los procesos raramente ocurren de forma aislada.

La suma de todas estas tareas, sub procesos y procesos buscan como objetivo principal la satisfacción del cliente que trae beneficios para una empresa.

Diagrama N°4: **Diagrama general de procesos**



Fuente: http://excelencia-empresarial.com/Gestion_procesos.htm

2.1.1 ELEMENTOS BASICOS DE UN PROCESO

Deben existir como mínimo 07 elementos básicos por cada proceso básico.

- Entrada: Elementos de entrada del proceso o sub proceso, incluyendo materias primas, insumos, información, etc.
- Actividades
- Salida
- Operación
- Control
- Recursos: maquinaria, mano de obra, método, medio ambiente y materia prima.
- Indicadores de desempeño: Arreglo numérico que permite determinar la eficiencia. Es la extensión en la que se realizan las actividades planificadas y se alcanzan los resultados planificados del proceso.

2.2 MODELO CLIENTE – PROVEEDOR INTERNO

El modelo cliente proveedor interno permite mejorar la eficiencia y eficacia de la organización, fomentar el aprendizaje, hacer más fluida la

información, incrementar la cohesión interna y a nivel personal, facilita una visión del conjunto formado por su proveedor y su cliente.

Los proveedores y los clientes internos interactúan y proporcionan realimentación.

2.3 MEJORAMIENTO CONTINUO

Es conocida como la filosofía Kaizen. Busca continuamente la forma de mejorar las operaciones. Es aplicable para productos y procesos. Implica la identificación de los modelos. La base de esta filosofía es creer que cualquier aspecto de una operación puede mejorarse y son los que están cerca de la operación los que están en mejor situación para seguir mejoras.

Según Harrington mejorar un proceso es: *“modificarlos para hacerlo más eficiente, eficaz y flexible, aumentando la calidad del producto reduciendo su costo y tiempo de proceso o ciclo”*.

El mejoramiento continuo sigue un ciclo de mejora continua PHVA: Es una metodología dinámica que puede ser desplegado dentro de cada uno de los procesos de la organización y sus interacciones. Está inmediatamente asociado con la planificación, implementación, verificación y mejora. Se puede lograr el mantenimiento y la mejora del desempeño del proceso mediante la aplicación del concepto PHVA en todos los niveles dentro de una organización. Esto se aplica igualmente a procesos estratégicos de alto nivel y a actividades de operación sencilla.

- Actuar: Establecer y generar mejoras hacia los objetivos, recursos y prácticas futuras.
- Planear: definir y habilitar de acuerdo a los requisitos y medios.
¿Qué hacer? ¿Cómo hacerlo? ¿Cuándo hacerlo?
- Hacer: Ejecutar tal como se ha planteado.

- Verificar: evaluar y demostrar conformidad con lo planificado, así como desempeño de acuerdo a los objetivos.

Diagrama N°5: **El ciclo DEMING o PHRA**



Fuente: <http://elmejoramientocontinuo.blogspot.com/2008/04/el-ciclo-deming-o-phra-planificar-hacer.html> fecha acceso: 16/04/13

2.4 TECNOLOGIAS DE UNIÓN

El soldeo es el proceso de la unión por el que se establece la continuidad entre las partes a unir con o sin calentamiento, con o sin aplicación de presión y con o sin aporte de material.

Se denominará metal base al material que va a ser sometido a cualquier operación de soldeo o corte y metal de aportación al material que se aporta en cualquier operación de soldeo.

La distinción entre los términos **soldeo** y **soldadura** es la siguiente: “**soldeo**” se aplica a la serie de acciones conducentes a obtener uniones soldadas o soldadura, dicho de otra forma: se hablará de “**soldadura**” cuando nos refiramos a la unión obtenida como resultado de

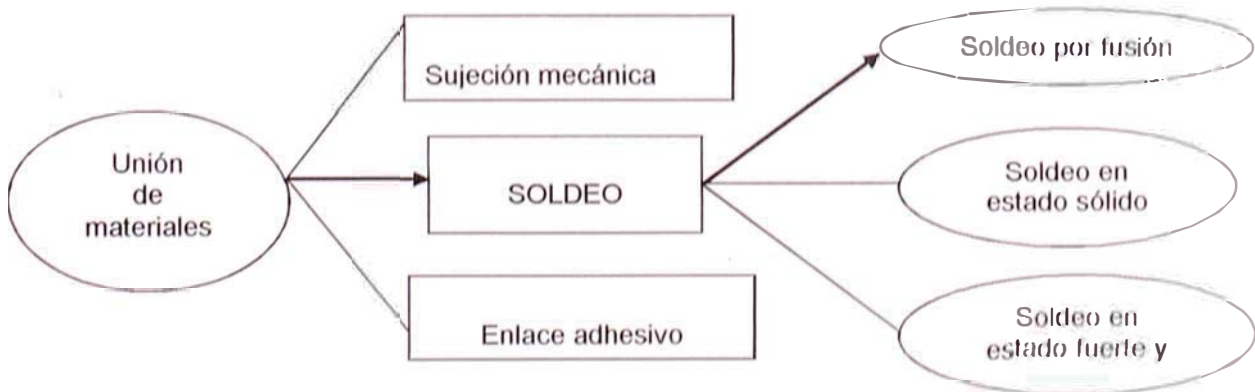
diferentes acciones de "soldadura" en procesos de soldadura
 secuencias de soldadura, tipos de soldadura

2.4.1 CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE SOLDEO

Según la AWS, "ociedad americana de soldadura" existen diferentes
 métodos de unión de metales, los cuales se clasifican en:

- ✓ **Soldeo por fusión:** son aquellos en los que siempre se utiliza la fusión del metal base y la aportación cuando este se emplea. Siempre existe una fase líquida formada por el metal base, o por el metal base y el aporte.
- ✓ **Soldeo en estado sólido:** son aquellos en los que nunca produce la fusión del metal base ni la del de aporte cuando este se emplea. Es decir, nunca existe una fase líquida.
- ✓ **Soldeo fuerte y blando:** son aquellos en los que siempre se produce la fusión del metal de aporte, pero no la del metal base, siempre este en fase líquida formada por el material de aporte.

Diagrama N°6: Clasificación de los procesos de soldadura



Fuente: Elaboración personal

2.4.2. PRINCIPALES PROCESOS DE SOLDEO POR FUSIÓN

- ✓ Soldeo Oxigás
- ✓ Soldeo por Arco con Electrodo Revestidos
- ✓ Soldeo TIG
- ✓ Soldeo MIG/MAG
- ✓ Soldeo con Alambre Tubular
- ✓ Soldeo por Arco sumergido
- ✓ Soldeo por Resistencia

A continuación presentaremos cada proceso, sus ventajas y limitaciones.

- ✓ **Soldeo Oxigás:** El soldeo oxigás utiliza el calor producido por una llama, obtenida de un gas con oxígeno, para fundir el metal base y, si se emplea, el metal de aportación. Cuando se suelda con metal de aportación, este se aplica mediante una varilla con independencia de la fuente de calor, lo que constituye una de las características principales del procedimiento.

Ventajas:

- El soldador tiene control sobre la fuente de calor y de forma independiente sobre el metal de aportación.
- El equipo de soldeo necesario es de bajo coste, normalmente portátil y muy versátil ya que se puede utilizar para otras operaciones relacionadas con el soldeo, como oxicorte, pre calentamiento y post-calentamiento, enderezado, doblado, recargue, soldeo fuerte y cobresoldeo, con sólo cambiar o añadir algún accesorio.

Limitaciones:

- Se producen grandes deformaciones y grandes tensiones internas, causadas por el elevado aporte térmico, debido a la baja velocidad de soldeo.
 - El proceso es lento, de baja productividad y destinado a espesores pequeños exclusivamente. El soldeo de grandes espesores resulta más económico por soldeo por arco eléctrico.
- ✓ **Soldo por Arco con Electrodo Revestido (SMAW):** Es un proceso en el que la fusión del metal se produce gracias al calor generado por un arco eléctrico establecido entre el extremo de un electrodo revestido y el metal base de unión a soldar. El material de aportación se obtiene por la fusión del electrodo en forma de pequeñas gotas. La protección se obtiene por la descomposición del revestimiento en forma de gases y en forma de escoria líquida que flota sobre el baño de fusión y, posteriormente, solidifica.

Ventajas:

- El equipo de soldeo es relativamente sencillo, no muy caro y portátil.
- El metal de aportación y los medios para su protección durante el soldeo proceden del propio electrodo revestido. No es necesaria la protección adicional mediante gases auxiliares.
- Es menos sensible al viento y a las corrientes de aire que los procesos de protección gaseosa. No obstante el proceso debe emplearse siempre protegido del viento, lluvia y nieve.
- Se puede emplear en cualquier posición.

- Es aplicable para una gran variedad de espesores, en general mayores de 2 mm.
- Es aplicable a la mayoría de los metales y aleaciones de uso normal.

Limitaciones:

- Es un proceso lento por la baja tasa de deposición y por la necesidad de retirar la escoria, por lo que en determinadas aplicaciones ha sido desplazado por otros procesos.
 - Requiere de gran habilidad por parte del soldador.
 - No es aplicable a metales de bajo punto de fusión como plomo, estaño, etc., debido a que el intenso calor del arco es excesivo para ellos.
 - No es aplicable para espesores inferiores a 1,5 – 2 mm.
 - La tasa de deposición es inferior a la obtenida por los procesos que utilizan electrodo continuo, como FCAW o GMAW. Esto se debe a que el electrodo consumible sólo puede avanzar hasta una longitud de 5cm. Aproximadamente.
 - El proceso no resulta productivo para espesores mayores de 38mm.
- ✓ **Soldeo TIG:** El procedimiento de soldeo por arco bajo gas protector con electrodo no consumible, también llamado TIG (Tungsten Inert Gas), utiliza como fuente de energía el arco eléctrico que se establece entre un electrodo no consumible y la pieza a soldar, mientras un gas inerte protege el baño de fusión. El material de aportación, cuando se utiliza, se aplica por medio de varillas como en el soldeo oxiacetilénico.

Ventajas:

- Proceso adecuado para unir la mayoría de los metales.
- Arco estable y concentrado.
- Aunque se trata de un proceso esencialmente manual, se ha automatizado para algunas fabricaciones en serie, como tubería de pequeño espesor.
- No se producen proyecciones.
- No se produce escoria.
- Se produce soldaduras lisas y regulares.
- Se puede utilizar con o sin metal de aporte, en función de la aplicación.
- Puede emplearse en todo tipo de uniones y posiciones.
- Alta velocidad de soldeo en espesores por debajo de 3-4 mm.
- Se pueden conseguir soldaduras de gran calidad.
- Permite un control excelente de la penetración en la pasada de raíz.
- Permite el control independiente de la fuente de energía del metal de aportación.

Limitaciones:

- La tasa de deposición es menor que la que se puede conseguir con otros procesos de soldeo por arco.
- Su aplicación manual exige, en general, gran habilidad por parte del soldador.
- No resulta económico para espesores mayores de 10 mm.
- En presencia de corrientes de aire puede resultar difícil conseguir una protección adecuada de la zona de soldadura.

- ✓ **Soldeo MIG/MAG:** El soldeo por arco eléctrico con protección de gas, es un proceso de soldeo en el cual el calor necesario es generado por un arco que se establece entre un electrodo consumible y el metal que se va a soldar. El electrodo es un material macizo, desnudo, que se alimenta de forma continua automáticamente y se convierte en el metal depositado según se consume.

El electrodo, arco, metal fundido y zonas adyacentes del metal base, quedan protegidas de la contaminación de los gases atmosféricos mediante una corriente de gas que se aporta por la tobera de la pistola, concéntricamente al alambre/electrodo.

Ventajas:

- Puede utilizarse para el soldeo de cualquier tipo de material.
- El electrodo es continuo, con lo que se aumenta la productividad por no tener que cambiar el electrodo y la tasa de deposición es elevada. Se pueden conseguir velocidades de soldeo mucho más elevadas que con SMAW.
- Se puede realizar el soldeo en cualquier posición.
- Se pueden realizar soldaduras largas sin que existan empalmes entre cordones, Zona de peligro de imperfecciones.
- No se requiere eliminar la escoria puesto que no existe.

Limitaciones:

- El equipo de soldeo es más costoso, complejo, y menos transportable que el de SMAW.
- Es difícil utilizar en espacios restringidos, requiere conducciones de gas y de agua de refrigeración, tuberías,

botellas de gas de protección, por lo que no puede emplearse en lugares relativamente alejados de la fuente.

- Es sensible al viento y a las corrientes de aire, por lo que su aplicación al aire libre es limitada.

- ✓ **Soldeo con Alambre Tubular (FCAW):** En el proceso de soldeo por arco eléctrico con electrodo tubular la soldadura se consigue con el calor de un arco eléctrico establecido entre un alambre-electrodo consumible continuo y la pieza que se suelda. La protección se obtiene del fundente contenido dentro de un alambre tubular pudiéndose utilizar con gas o sin gas de protección adicional.

Este proceso combina el soldeo de arco revestido, arco sumergido y el soldeo MIG/MAG.

La técnica de soldeo con alambre tubular se diferencia del soldeo MIG/MAG en el tipo de electrodo que, como su nombre lo indica, en este caso, es un alambre hueco y relleno de fundente el cual, al fundirse por la acción del arco eléctrico, deposita un metal fundido protegido con una fina capa de escoria.

Ventajas:

- Es un proceso de mayor productividad frente al proceso SMAW. Esto se traduce en una reducción de costos de los productos.
- No se requiere tanta limpieza del metal base como en el soldeo SMAW.
- Los alambres utilizados en este proceso de soldeo generan por sí mismo gas protector. Dicho gas se produce dentro del arco por lo que le afecta en menor medida las corrientes de aire,

haciendo al proceso idóneo para utilizarlo en lugares donde las condiciones climatológicas sean adversas.

- Ideal para su aplicación en construcciones como astilleros, estructuras de edificios, puentes, reparación de maquinarias, tuberías para gaseoductos y oleoductos, etc. Siendo posible utilizarlo en cualquier posición.

Limitaciones:

- La principal desventaja frente al proceso MIG/MAG es el tiempo que se emplea en retirar la escoria, que puede convertirle en un proceso no competitivo, especialmente en la pasada de raíz.
 - Otra desventaja es la gran cantidad de humos que se producen durante el soldeo.
 - Mayor coste del equipo. Supone una mayor inversión inicial.
 - Los electrodos tubulares son los caros que los macizos, excepto para algunos aceros de alta aleación.
- ✓ **Soldeo por Arco sumergido(SAW):** Consiste en la fusión de un alambre-electrodo continuo y desnudo protegido por la escoria generada por un fundente, granulado o en polvo, suministrado a través de una manguera desde el depósito del fundente. Puede ser un proceso semiautomático donde la pistola se lleva manualmente. Este casi no se utiliza.
- En el proceso automático, el soldeo se realiza sin la necesidad del operador en la producción. Permite obtener grandes rendimientos de producción.
- El arco eléctrico se establece entre el alambre metálico y la pieza a soldar. Puede utilizarse uno o varios alambres simultáneamente, o bien flejes o bandas.

El fundente protege el arco y el baño de fusión de la atmosfera circundante, de tal manera que ambos permanecen invisibles durante el proceso.

Ventajas:

- Tiene gran rango de aplicaciones.
- Tiene una alta tasa de deposición, alta calidad de la soldadura, la gran penetración obtenida y la capacidad para ser automatizado.
- Muy utilizado en al construcciones navales, edificación, fabricación de tuberías, fabricación de ferroviarias, así como en cualquier aplicación en la que se requiera realizar soldaduras largas.
- Aplicable para espesores mayores de 1,5 mm.

Limitaciones:

- Es necesario un depósito para el almacenamiento, alimentación y recogida del fundente.
 - Suele ser necesario un empleado de respaldo.
 - El fundente está sujeto a contaminaciones que pueden producir defectos en la soldadura.
 - Es un proceso no adecuado para unir metales de pequeño espesor.
 - Sólo se puede utilizar a tope en posición plana.
 - Equipos mucho más costosos.
- ✓ **Soldeo por Resistencia:** se genera por medio de una corriente eléctrica de elevada intensidad que se hace circular con ayuda de dos electrodos durante un corto espacio de tiempo, a través de la

unión que se desea soldar. Los metales que constituyen la unión ofrecerán una resistencia al paso de esta corriente y, por tanto se generará un calor, que será máximo en la inter-cara de las piezas (zona de unión) ya que la resistencia al paso de la corriente también es máxima en dicha zona.

Es necesario ejercer presión durante y después del paso de la corriente para conseguir la unión de los metales.

Ventajas:

- Ideal para la fabricación de carrocería de automóviles, electrodomésticos y muebles metálicos.
- Ideal para trabajos pequeños como: soldeo de placas, chapas y piezas embutidas sobre tubos, soldeo de tuercas y vástagos roscados, soldeos de tubos o de alambres en cruz y de alambres sobre tubos y soldeo de artículos de cocina.

Limitaciones:

- No aplicable en construcciones navales.

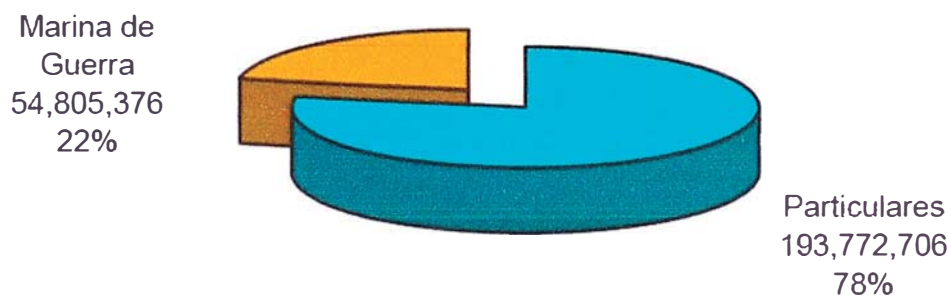
CAPITULO III

PROCESO DE TOMA DE DECISIONES

3.1 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

En los últimos 5 años se ha registrado una variación ascendente de las ventas a clientes particulares favorables para la empresa. Mantener o buscar el ascenso de las ventas depende en gran parte de los beneficios que pueda ofrecer la empresa a sus clientes y lograr así la fidelización del cliente particular.

Diagrama N° 7: **Ventas por tipo de cliente año 2011** (en nuevos soles)



Fuente: Intranet Sima

El año 2011 la empresa asume entre otros retos la construcción de:

- Dos remolcadores de 60Tn para Ultratug Chile.
- Cinco Barcazas tipo Tolva para la Autoridad del Canal de Panamá.

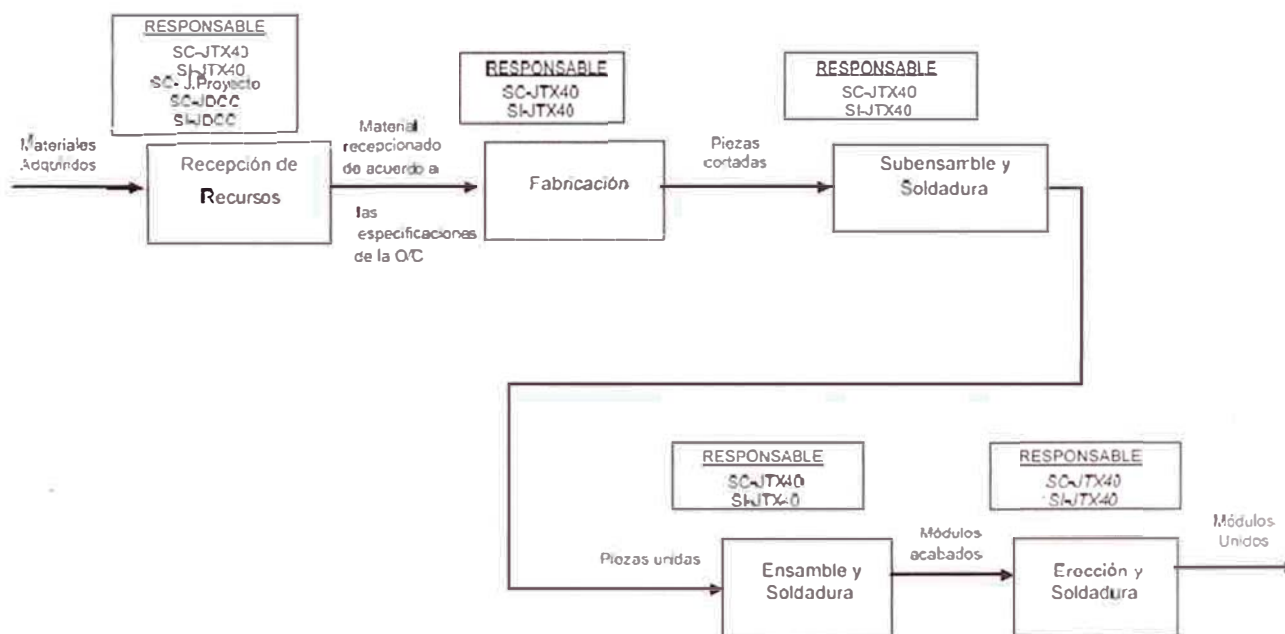
- Cuatro remolcadores de 60 Tn para Ultratug Colombia (comienzo de la obra 2012).

A lo largo de la realización de estos proyectos la empresa asume el reto de entregar propuestas de mejoras en el área de diseño y lograr el mejoramiento en el proceso de fabricación en el área de calderería y soldadura.

Es en este contexto que se inicia el proyecto “Ganguiles” o la fabricación de 5 Barcazas tipo Tolva para el cliente: Autoridad del Canal de Panamá. Del término satisfactorio de este proyecto dependen nuevas inversiones por parte del mismo cliente.

3.1.1 Procesos que intervienen en el proceso productivo

Diagrama N°8: Calderería y Soldadura

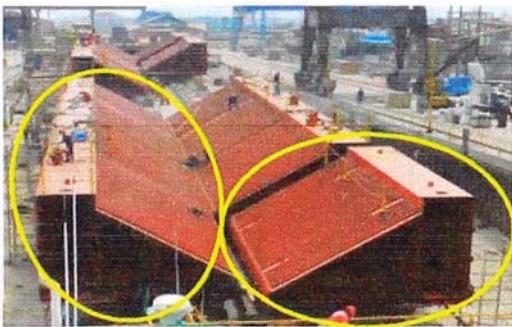


Fuente: Intranet SIMA

Actividades del proceso de calderería y soldadura

- **Recepción de los materiales** según las especificaciones técnicas.
- **Fabricación:** Una vez verificada la conformidad de las planchas y perfiles son trasladados al área de fabricación que consiste en el corte automatizado de las planchas según los esquemas de corte y de manera manual para los perfiles.
- **Sub-ensamble:** Las piezas cortadas pasan a zona de sub-ensamble en la cual se realiza la operación de unión de piezas relativamente medianas mediante soldeo de piezas. Estas piezas son varengas, cartelas, fondos, tolvas, mamparos, cubiertas, refuerzos, etc.
- **Ensamble:** Luego las piezas sub-ensambladas pasan a la zona de ensamble para que unidas mediante soldeo formen los módulos.
- **Erección:** Por último estos módulos se unen mediante el soldeo de módulos llamándose a esta operación erección.

Figura N°6 Erección de módulos



Fuente: Intranet SIMA

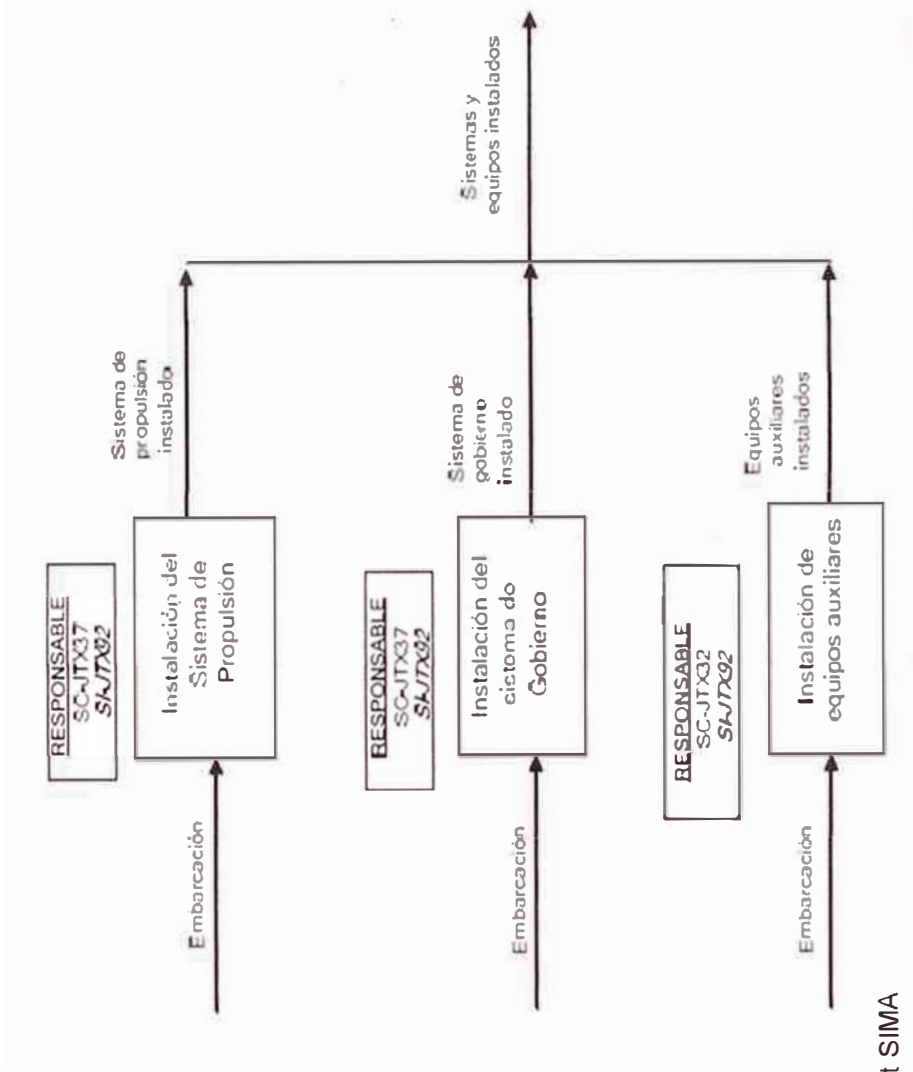
Figura N°7 Barcaza completa



Fuente: Intranet SIMA

Antes de terminar el proceso de erección en el caso que sea necesario se colocaran los equipos y tuberías que después de la erección pierdan el acceso a los interiores de la barcaza. Se debe entender colocación como la ubicación en el lugar que les corresponde. Sólo después de la colocación sigue el proceso de instalación de los equipos y tuberías.

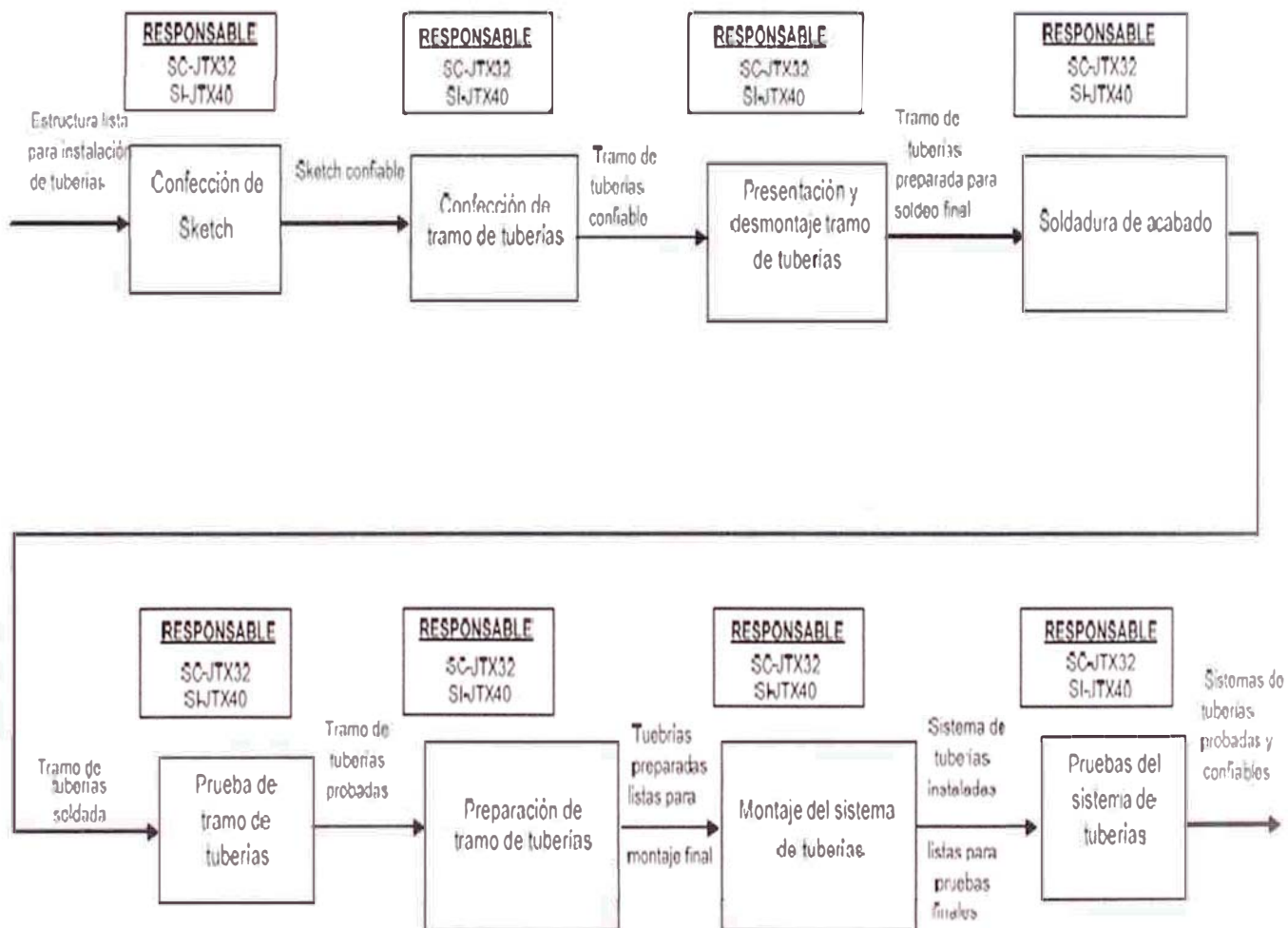
Diagrama N° 9 Instalación de Máquinas



Fuente: Intranet SIMA

La fabricación de las tuberías se realiza en el taller X-32 estas luego serán llevadas a ser medidas y colocadas en la barcaza. En última instancia se procederá a la instalación.

Diagrama N° 10 **Fabricación e Instalación de tuberías**



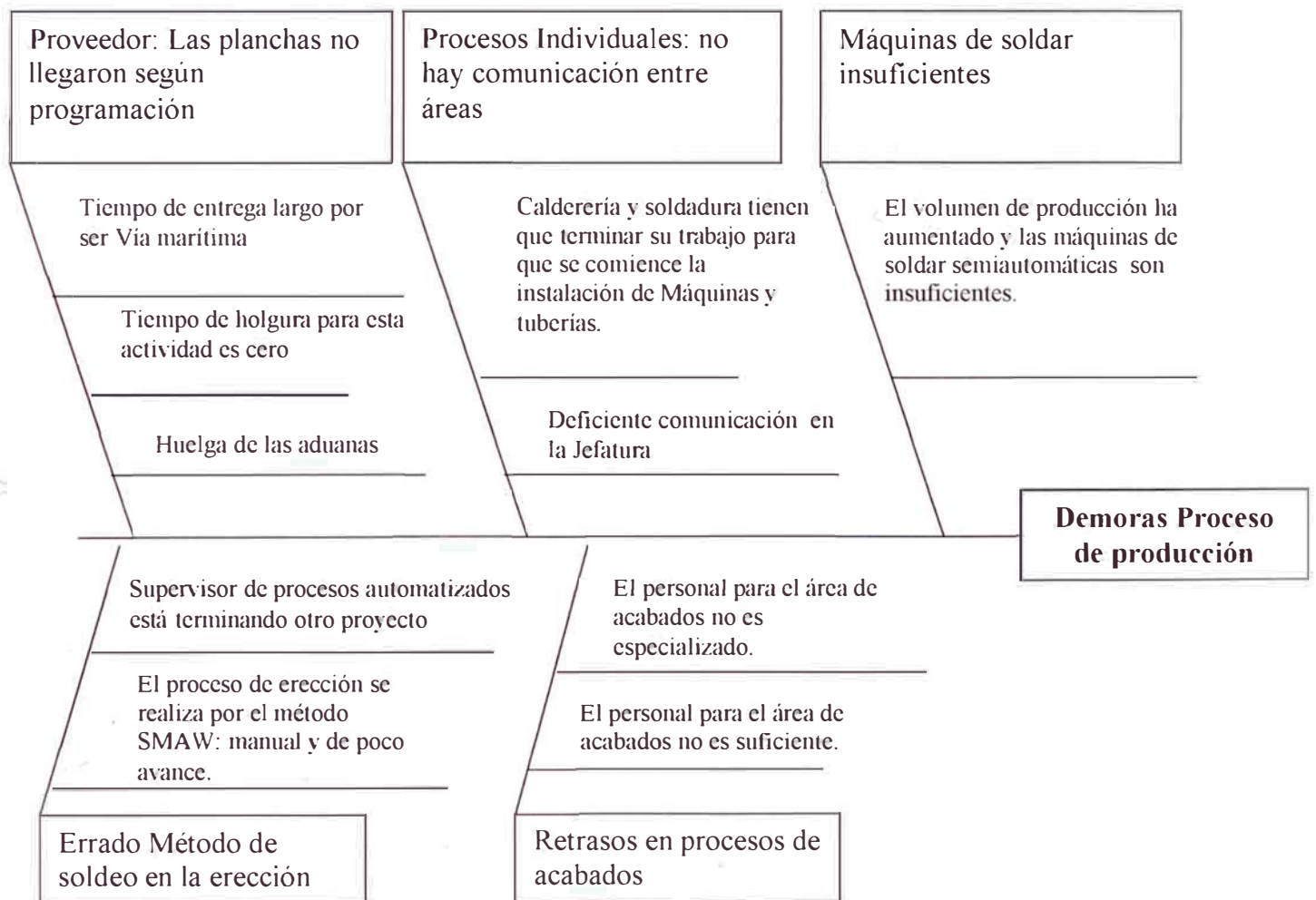
Fuente: Intranet SIMA

3.1.2 Etapas en el proceso de producción

- 1° Etapa: Construcción de las dos primeras Barcazas tipo Tolva
- 2° Etapa: Construcción de las dos segundas Barcazas tipo Tolva
- 3° Etapa: Construcción de la quinta Barcazas tipo Tolva

3.1.3 DIAGRAMA DE ISHIKAWA Dentro del proceso presentado y la primera etapa analizamos los problemas presentados

Diagrama N°11 Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración personal

Según el análisis realizado encontramos que se presentan demoras en el proceso de producción por 5 motivos:

- **Las planchas de 25 mm, que se utilizan en los módulos de popa y proa no llegaron en el tiempo establecido.** A pesar de que contamos con proveedores competentes, se produjo un retraso debido a la huelga de aduanas y el tiempo de holgura de entrega de estas planchas es cero.

Tabla N1 Programa para construcción de Módulos Popa y Proa

PROGRAMA POPA - PROA			
Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
SUB ENSAMBLE POPA	31 días	Vie 01/10/10	lun 01/11/10
SUB ENSAMBLE PROA	31 días	Jue 18/11/10	Lun 20/12/10
ENSAMBLE DE MODULOS POPA	26 días	Sab 23/10/10	Mie 24/11/10
ENSAMBLE DE MODULOS PROA	26 días	Vie 17/12/10	Mar 18/01/11

Fuente: Elaboración personal

Tabla N2: Programa Modificado de construcción de Módulos popa y Proa modificado

PRONOGRAMA MODIFICADO POPA - PROA			
Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
SUB ENSAMBLE POPA	20 días	Mie 08/12/10	Lun 03/01/11
SUB ENSAMBLE PROA	20 días	Mie 08/12/10	Lun 03/01/11
ENSAMBLE MODULOS POPA	31 días	Jue 07/01/11	Lun 07/02/11
ENSAMBLE MODULOS PROA	26 días	Lun 10/01/11	Lun 07/02/11

Fuente: Elaboración personal

- **Los procesos son individuales:** No existe una fluida comunicación entre las áreas que participan en el proceso productivo. Dando como resultado congestión de comunicación e inicio en las tareas consecutivas.
- **Lento método de soldeo de sub-ensamble y ensamble:** El método de soldeo utilizado es SMAW debería cambiarse por el método FCAW.

- **Máquinas de soldar son insuficientes:** Las máquinas utilizadas en la mayor parte del proceso productivo son las máquinas Miller, las cuales son insuficientes para el proceso productivo.

Tabla N°3 **Tabla comparativa de recursos en Proyectos**

Proyecto	Peso (Toneladas)	Soldaduras (Toneladas)	Horas Máquina por día	Horas Hombre	Maquinas Miller	Duración (meses)
Melchoria	3200	30	16	16	0	12
Jambur	120	8	5.2	8	10	6
Barcaza	480	12.6	7.8	12	x	4

Fuente: Elaboración personal

El proyecto Jambur y el Proyecto Barcaza utilizan para el proceso productivo el mismo tipo de Máquinas. A continuación estimaremos el número de máquinas necesarias para la producción del proyecto Barcaza según aumento de volumen de producción.

$$\#Máq \text{ Soldar} = \frac{\text{Peso Barcaza} \times \text{Soldadura Barcaza} \times \text{Tiempo Barcaza} \times \text{Hmaq Puente} \times \#Maq \text{ Soldar}}{\text{Peso Puente} \times \text{Soldadura puente} \times \text{Tiempo Puente} \times \text{Hmaq Barcaza}}$$

$$\#Máq \text{ Soldar} = 21$$

Al comenzar el proyecto vemos que

El dato de las toneladas propuesto para el proyecto barcaza se puede visualizar en el anexo.

- **Retraso en el proceso de acabados:** El personal de esta área es insuficiente e inexperto para dar acabado final de soldadura, esmerilado y burilado. A demás de que se renueva personal para esta área al final de cada proyecto.

Según la tabla siguiente los 4 maestros esmeriladores sólo podrán cubrir la preparación de costuras de planchas en este proyecto.

Tabla N4: Duración de tareas para esmeriladores

Tipo de Trabajador	# operario esmerilador	Tarea Principal	Módulos	Costuras/ Modulo	Costuras totales	Preparación por día	Total de días
Estables	4	Preparar costuras en uniones de planchas	24	6	144	4	36
		Preparar costuras de Erección	10	6	60	4	15
							51

Fuente: Elaboración personal

Las tareas de acabado requieren de nuevos operarios esmeriladores para los cuales se debe considerar una eficiencia inicial de cada operario, cada esmerilador necesita de un soldador y lo deben hacer más de 8 horas normales.

Tabla N° 5 Consideraciones para los operarios

Datos	Cantidad
Coeficiente de eficiencia inicial	0.75
Días trabajados al mes	26
Horas	8
hora extra	2

Fuente: Elaboración personal

La siguiente tabla muestra los tiempos empleados para las tareas de acabados. Las tareas que se necesitan realizar por piezas, tanque, por casco, fondo y cubierta. Todos los datos nos ayudarán a hallar el número de operarios esmeriladores necesarios para realizar todas las tareas de acabados.

Tabla N°6 Tiempo de actividades de Acabado

Tareas de acabados	Tanques	Cuadernas/ Tanque	Cuadernas/ día	Cartelas/ Tanque	Cartelas/ día	Perfiles/ Tanques	Perfiles/ día	Días para Liberación de Tanque	Total días
En piezas	16	8	2	60	12	32	16	6	96
En casco	10	0		0		0		2	20
En fondo	10	0		0		0		4	40
En cubierta	10	0		0		0		2	20
									176

Fuente: Elaboración propia

Calculo de número de operarios esmeriladores

Tabla N°7 Calculo de número de esmeriladores

Días tarea/mes	hh-mes	hr - hh	# h*tarea
3.69	768.00	195.00	3.94
0.77	160.00	195.00	0.82
1.54	320.00	195.00	1.64
0.77	160.00	195.00	0.82
Total Operarios			7.22

Fuente: Elaboración propia

- **Método errado en el soldeo de unión de módulos o erección:** Para la erección de módulos se eligió el método de soldeo SMAW que es un proceso lento para el avance de producción que se necesita.

No se está considerando realizar la construcción de las 5 barcasas en paralelo por la limitación de personal y gradas de construcción habilitadas. Las gradas de construcción son la zona donde se realiza la erección y tiene salida al mar. Estos dos factores son anticipados en el contrato. Es por este motivo que se realizará la construcción de las 2 primeras barcasas, luego la segunda y tercera; y por último la quinta barcaza.

Cuadro N°1: Comparación entre procesos utilizados para erección

Análisis de rendimiento en el proceso de soldadura para Erección de Módulos		
Elementos de análisis de la actividad	Proceso SMAW	Proceso SAW
Soporte	*El soldador reconoce que el proceso de calderería ha biselado y apuntalado las planchas para comenzar el proceso SMAW.	*El soldador reconoce que el proceso de calderería ha alineado, biselado y apuntalado los Módulos para comenzar el proceso SAW.
	*Se cuenta con máquinas apropiadas. Proceso manual.	*Se cuenta con Máquinas Lincoln "sancudo". Tienen la ventaja de soldar en vertical automáticamente.
	*El electrodo de aporte es de fácil adquisición. Los soldadores tienen que pedir autorización para retirar soldadura del pañol aproximadamente 5 veces al día.	* El electrodo es de fácil adquisición. Los soldadores sólo retiran un carrete en el día Ya que el alambre es continuo.
Estándares	*Existen los procedimientos de soldadura para erección de módulos	*Existen los procedimientos de soldadura para la unión de planchas
	*El soldador conoce el proceso	*El soldador conoce el proceso
	*El soldador no considera los estándares alcanzables. metros de soldadura/día	*El soldador considera los estándares alcanzables. Metros de soldadura/día
Habilidad de conocimiento y capacidad	*Los soldadores están homologados	*Los soldadores están homologados para el proceso de soldadura SAW.
	Se necesita buena condición física.	Se necesitan ayudantes
Retro alimentación	Los soldadores son informados de los resultados de las placas radiográficas y de la inspección visual realizada a la unión de Módulos.	Los soldadores son informados de los resultados de las placas radiográficas y de la inspección visual realizada a la unión de módulos.
Consecuencias	*El proceso tiene un depósito de soldadura bajo. Las consecuencias de no realizar el soldeo según procedimiento se refleja en re-procesos. Se realiza registro de código de soldador.	*El proceso tiene un depósito de soldadura 5 veces más alto . Las consecuencias de no realizar el soldeo según procedimiento se refleja en re-procesos. Se realiza registro de código de soldador.

Fuente: elaboración propia

3.2 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Realizando el análisis del proceso de producción determinamos que la problemática principal son demoras en las operaciones de la construcción en las dos primeras barcazas que hacen peligrar nuestro objetivo principal. Por ello es necesario plantear las siguientes alternativas de solución:

3.2.1. Mejoras en el proceso de Producción

Solución planteamiento de mejoras: Presentar las mejoras en el proceso de producción de la estructura metálica, "Calderería y soldadura", de Cinco Barcazas Tipo Tolva. Aumentando la productividad en los procesos de soldadura.

3.2.2. Trabajar con contratistas el Sub-ensamble de la Tercera y Cuarta Barcaza Tipo Tolva

En las instalaciones del SIMA trabajan contratista en los diferentes proyectos se propone que trabajen el sub-ensamble de la tercera y cuarta barcaza.

3.3 SELECCIÓN DE UNA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

3.3.1. Identificación de Variables.

Las variables elegidas por la junta son:

- ✓ Costo de Implementación
- ✓ Tiempo de implementación
- ✓ Calidad de los procesos
- ✓ Flexibilidad para trabajar en equipo

3.3.2 Situación de las Variables.

Para las variables de medición tomadas se designa el rango de calificación: [01 muy malo - 05 muy bueno]. La junta asigna las siguientes características por alternativa:

Alternativa N° 1 (Mejoras en el proceso de producción)

- ✓ Implementación alta.
- ✓ Costo de implementación medio.
- ✓ Confiabilidad en los procesos alta.
- ✓ Flexibilidad alta

Alternativa N° 2 (Trabajar con contratistas el Sub-ensamble de Tercera y Cuarta Barcaza)

- ✓ Resultados inmediatos.
- ✓ Costo de implementación alto.
- ✓ Confiabilidad en los procesos mediana.
- ✓ Flexibilidad media baja.

3.3.3 Evaluación de alternativas:

TablaN°8 Ponderación de variables

Variabes	Costos	Tiempo	Calidad	Flexibilidad	Σ	Factor
Costo	X	0	0	1	1	0.33
Tiempo	1	x	0	1	2	0.66
Calidad	1	1	X	0	2	0.66
Flexibilidad	0	0	1	x	1	0.33
					6	

Fuente: Elaboración propia

OBSERVACIÓN: Se considera la variable flexibilidad porque para el SIMA este aspecto es muy importante, supone coordinaciones diarias, disponibilidad a modos de realizar las tareas y cambios de secuencias, etc.

Tabla N°9 Comparación de alternativas

Variables	Ponderación		Alternativa 1		Alternativa 2
1. Costo	0.33	2	0.66	1	0.33
2. Tiempo	0.66	4	2.64	5	3.30
3. Calidad.	0.66	4	2.64	3	0.99
4. Flexibilidad	0.33	3	0.99	2	0.66
Σ			6.93		5.28

Fuente: Elaboración propia

Según la evaluación de las alternativas la más apropiada para solucionar los problemas presentados es la alternativa 1: planteamiento de mejoras.

3.4 PLAN DE ACCIÓN DE LA SOLUCIÓN SELECCIONADA.

El plan de acción para la alternativa de solución seleccionada

1^{era} Etapa: Construcción de las dos primeras Barcazas

Por falta espacio en las gradas (lugar donde se erigen los módulos y que tiene salida al mar) se programa la producción de la estructura metálica de las barcazas de dos en dos.

1. Implementar máquinas de Soldar Semiautomáticas: El taller X – 40 cuenta con máquinas de soldar Miller semiautomáticas, pero son

insuficientes. Son de mediano depósito de soldadura. Además se cuenta con soldadores capacitados en el proceso FCAW soldadura tubular. El proceso más utilizado en la producción de la barcaza es el proceso FCAW se utiliza en un 60% de la producción. Se adquirirán nuevas máquinas Miller para mejorar tiempos y eficiencia en la etapa de sub ensamble, ensamble.

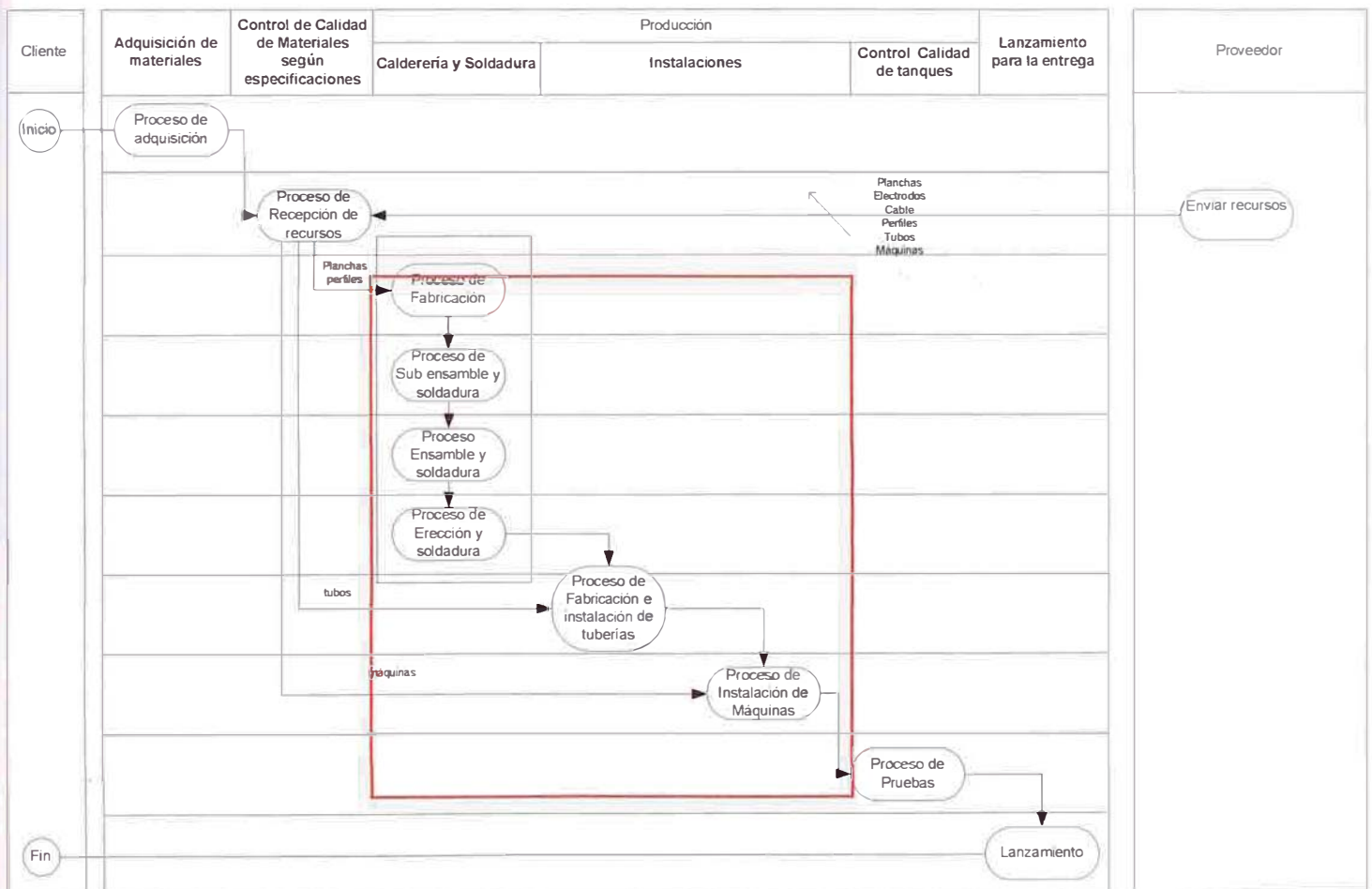
2. Mejorar la comunicación entre áreas mediante reuniones diarias entre las jefaturas para la interacción de las áreas de producción. Revisión de trabajos diarios, semanales y mensuales. Priorización de trabajos. Propuestas diarias de cómo mejorar los tiempos y los procesos.
3. Contratar recursos humanos: Para ayudar a agilizar la finalización de los trabajos se ve la necesidad de contratar operarios soldadores, esmeriladores y buriladores. Estos se encargaran de dar el acabado a las piezas, en sub-ensambles, ensamble y erección. Estos operarios se especializarán en acabados y liberación de estructuras. Tienen una interacción mayor con los intendentes de control dimensional de la producción. La meta es llegar a especializarlos en estas operaciones. Por otro lado se ve la necesidad de que se trabaje en el ensamble por 1 mes en el turno noche en los módulos de popas y proa.
4. Cambiar el proceso de soldadura SMAW por el proceso SAW para la erección de módulos. Lo más importante de esta mejora es que el proceso SAW es automático y que la tasa de deposición de la soldadura es considerablemente mayor que la del proceso SMAW. Según el análisis de rendimiento de los dos procesos de soldadura se elige el proceso SAW Arco Sumergido.
5. Considerar en el proceso de adquisición de planchas holguras mayores para el tiempo de entrega por parte del proveedor. En este caso en especial las planchas no llegaron a tiempo por la huelga en las aduanas y por ser planchas de mayor espesor 25 mm de espesor.

2^{da} Etapa: Construcción de las dos segundas Barcazas

Implementar las mejoras para las barcazas tres y cuatro.

-Se mantendrá el proceso de mejora de la primera etapa sobre todo en la interacción entre áreas o la coordinación para dar pase a las tareas siguientes sea inmediata y para buscar las mejoras en la interacción.

Diagrama N° 12 Diagrama de procesos para la construcción de Barcaza



Fuente: Elaboración propia

-En particular se buscará el mejoramiento en el proceso de liberación de estructura. La liberación de estructura es la parte del proceso de fabricación donde se termina de dar acabado final de soldadura, se esmerila, burila, se coordina con el área de calidad para que de sus observaciones y termina cuando se levantan las observaciones. Los operarios soldadores, esmeriladores y buriladores han conseguido la especialización de sus tareas. Tendrán un rendimiento mayor.

-Se buscará la reducción de tiempo de cada prueba de estanqueidad mediante capacitación del personal en la norma AWS. Cada prueba de estanqueidad dura 6 días.

La capacitación la realizará uno de los ingenieros de producción, el cual estará encargado de las pruebas hasta que los operarios se adapten al método.

La norma AWS especifica que a la presión de 2,9 psi el tanque no debe presentar variación en la lectura del manómetro por el lapso de 1 hora. Y que se deben rosear las uniones soldadas con agua jabonosa.

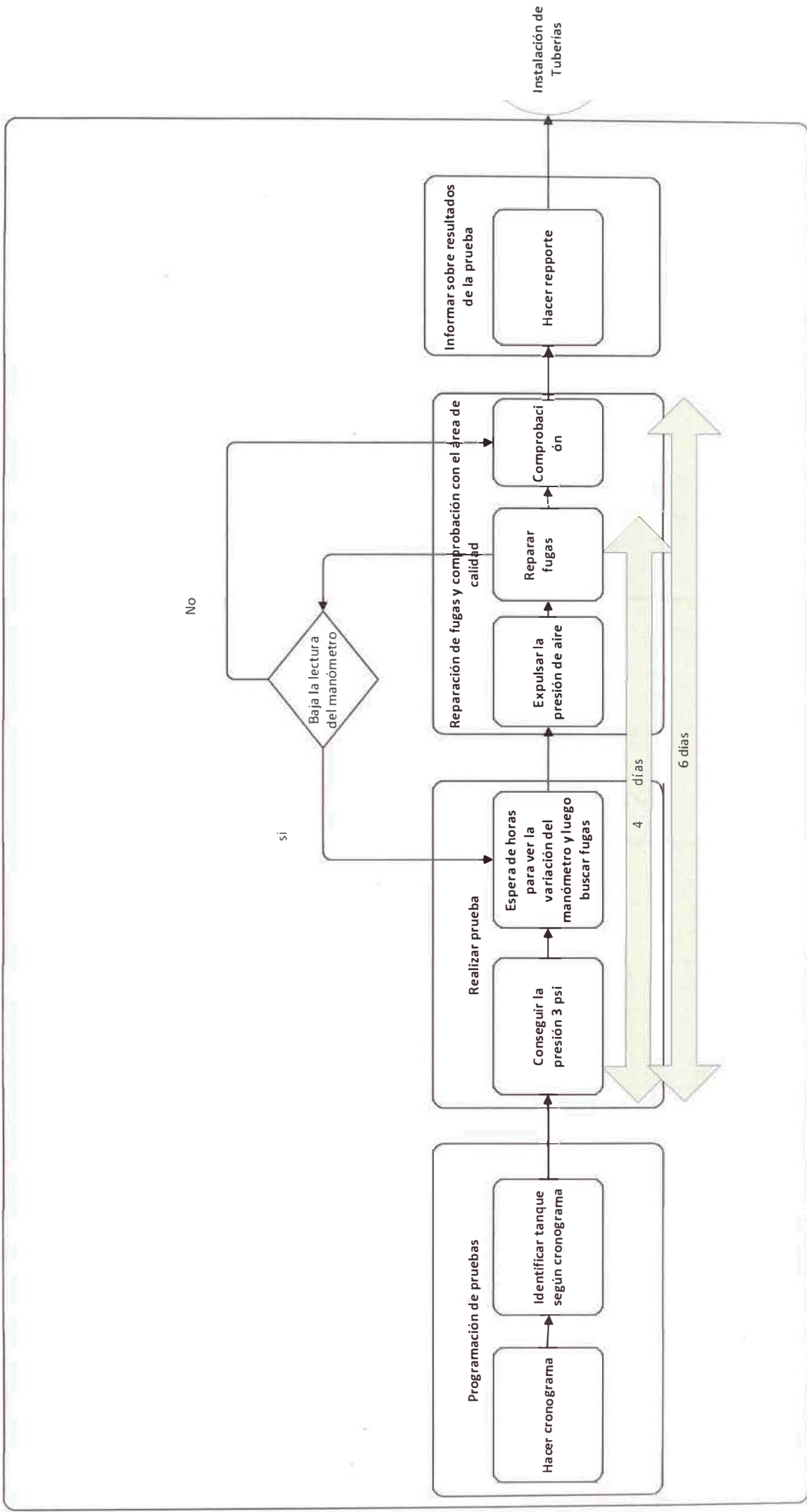
Los operarios preparan el tanque a la presión de 2,9 psi y esperan hasta 3 horas para ver si el manómetro presenta variación. Al constatar la variación rosean parcialmente las uniones soldadas y reparan las fugas encontradas volviendo a esperar otras 3 horas para verificar que el manómetro no presente variación. Esta mala interpretación de la norma para realizar la prueba hace que las pruebas duren hasta 6 días por tanque.

Modo correcto de realizar la prueba: Se prepara el tanque a la presión de 2,9 psi y se rosea todas las uniones soldadas dejando marcas en las zonas de fugas. Se procede a reparar todas las fugas preparando el tanque nuevamente a la presión establecida por la

norma, se verifica que todas las fugas fueron reparadas correctamente y se espera 1 hora como manda la norma para verificar que no haya variación en la lectura del manómetro.

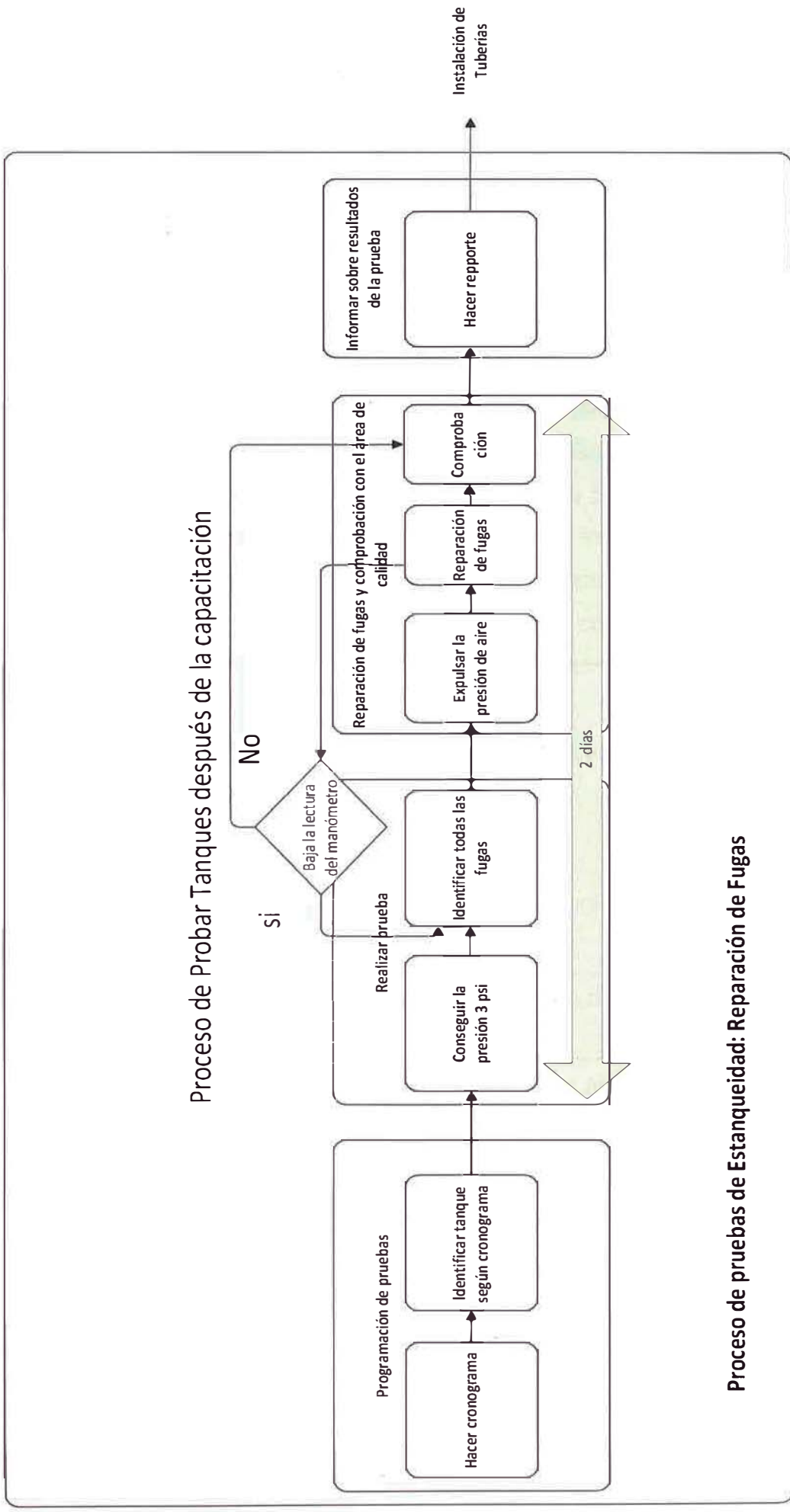
El resultado de la capacitación es la disminución de 4 días de duración de la prueba por tanque probado. Las pruebas necesitan 1 día para preparar el tanque y un día para la verificación de la estanqueidad.

Diagrama N° 13 Diagrama de flujo de la prueba de Estanqueidad antes de la capacitación



Fuente: Elaboración propia

Diagrama N°14 Diagrama de flujo de la prueba de Estanqueidad después de la capacitación



Fuente: Elaboración propia

3^{ra} Etapa: Construcción de la Quinta Barcaza

Implementar mejoras para la quinta barcaza

-Continuar con las mejoras planteadas para las dos primeras barcazas y para las dos segundas barcazas.

-Nuevos tiempos de trabajo. Los operarios de acabado final de soldadura se han especializado aumentando su rendimiento. Se les dará 2 días menos para que liberen las estructuras. Eficacia=0.95.

-Nueva distribución del personal: Para la 5^o barcaza los soldadores y caldereros han asimilado el método de trabajo, hay más soldadores disponibles y con mayor rendimiento. Estos serán ubicados en el sub-ensamble y ensamble de módulos. A continuación se presenta un Diagrama de operaciones con mejoras planteadas por los operarios.

DiagramaN°15 **Diagrama de operaciones del ensamble de Módulos**



Fuente: Elaboración propia

Diagrama N° 16 **Diagrama de operaciones mejorado de ensamble de módulos**



Elaboración propia

3.5 RESULTADOS DE LA SOLUCIÓN PLANTEADA

-Las máquinas Miller reducen los tiempos de sub-ensamble y ensamble. El método de soldadura lo elige el supervisor de la obra. Sólo se requiere que este método esté aprobado por la clasificadora. El tiempo con proceso SMAW es cuatro veces el tiempo del proceso FCAW. El tiempo de producción se reduce en un 36%.

Según la velocidad de depósito de soldadura debería reducir en un 50%. Pero el tiempo de las operaciones de sub-ensamble y ensamble no sólo depende del proceso de soldadura. También dependen del tiempo de traslado de las grúas y de la calderería.

TablaN°10 Tiempo de depósito de soldadura SMAW-FCAW

Proceso	# Operarios	Horas por Proceso
SMAW	1	8 horas
FCAW	1	4 horas

Fuente: Elaboración propia

-Las interacciones entre áreas. Estas reuniones son entre los expertos de la producción: Jefatura Taller X-40, Jefatura Taller X-32, Jefatura Taller X-37, Jefe de proyecto, Jefe de Producción, Jefe de planeamiento. Se trata de revisar los procesos para no cometer errores y así no incurrir en re-procesos. Además de estudiar cómo realizar los trabajos entre las áreas con el enfoque cliente-proveedor. Para este caso en particular "Calderería" sería proveedor de "Soldadura", "Soldadura" de "Instalación de máquinas" e "Instalación de tuberías". La reducción en tiempo es de un 10%.

-La nueva área de acabados tendrá como tarea liberar las estructuras. Su objetivo principal es la liberación de las estructuras en fecha de cronograma.

-Cambio de proceso de soldadura SMAW a SAW en la erección de módulos.

TablaN°11 **Tiempo de depósito de soldadura SMAW-SAW**

Proceso	# Operarios	Horas por Erección
SMAW (proceso manual)	1	40 horas
SAW (proceso automático)	1	8 horas

Fuente: Elaboración propia

La reducción del tiempo de erección es de un 20%, cubrirá el retraso de la barcaza 1 y cumplirá el cronograma de la barcaza 2.

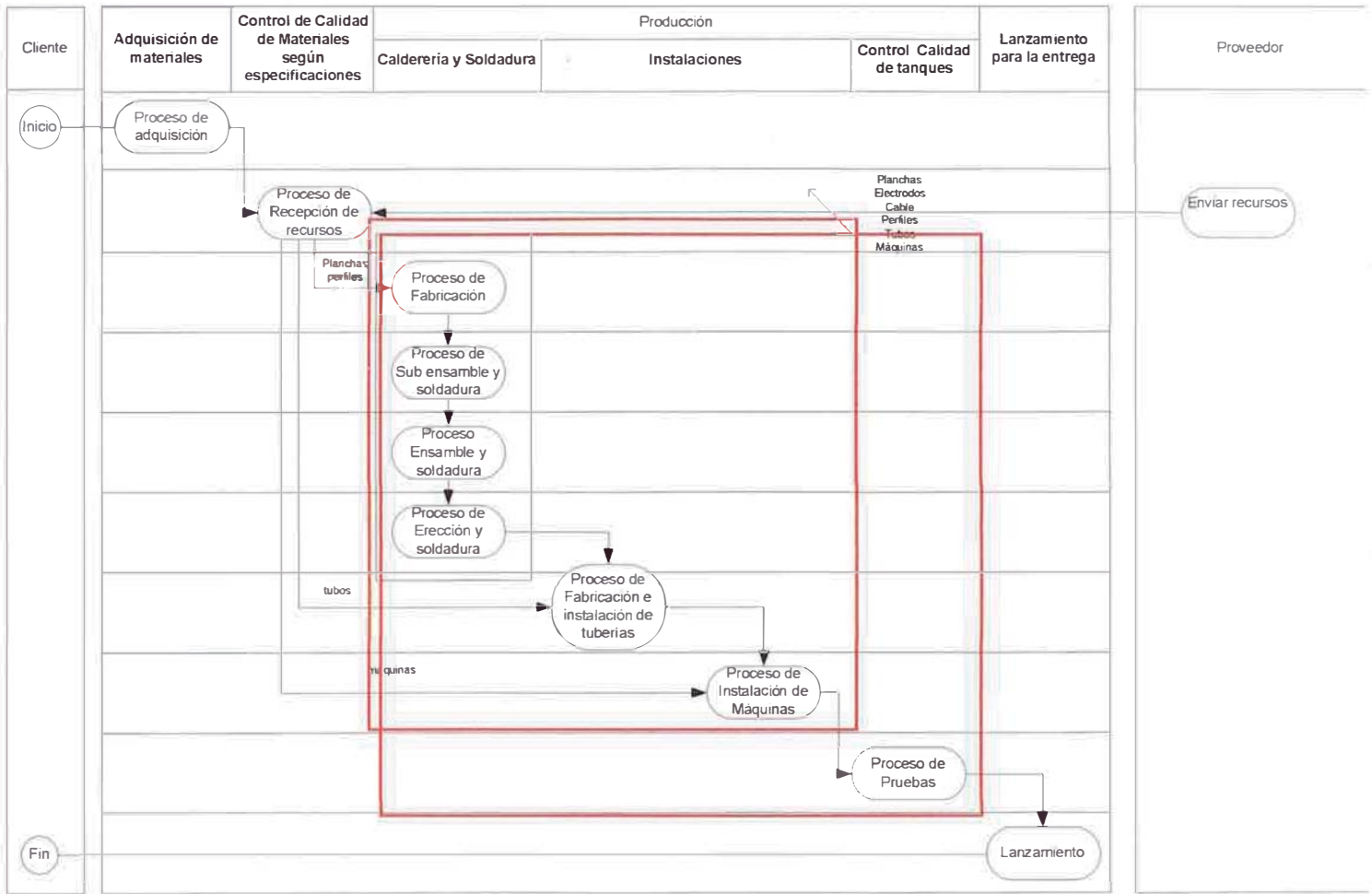
-El jefe de Proyecto y planeamiento de la producción considerarán en adelante un tiempo mayor de holgura para el tiempo de entrega del material por parte de los proveedores. Aunque no analizaremos el problema existente en el área de logística.

-La interacción con las áreas es progresiva primero interacción con instalaciones de máquinas y tuberías; por último con el área de calidad encargada de supervisar las pruebas. En la interacción con las instalaciones sólo actuaremos como proveedores. Pero en relación con las pruebas actuaremos como personal de pruebas y calidad como inspección. Esto obliga a preparar a un grupo de operarios para que logren mejoras en el proceso de pruebas. El tiempo empleado para las pruebas para personal no capacitado es de 6 días por tanque. Después de la capacitación se logra una mejora en el proceso reduciendo a 2 días por tanque.

El interactuar con el área de calidad hace que se reduzca a 1 día el tiempo de pruebas de estanqueidad. Se busca que esté presente durante toda la prueba.

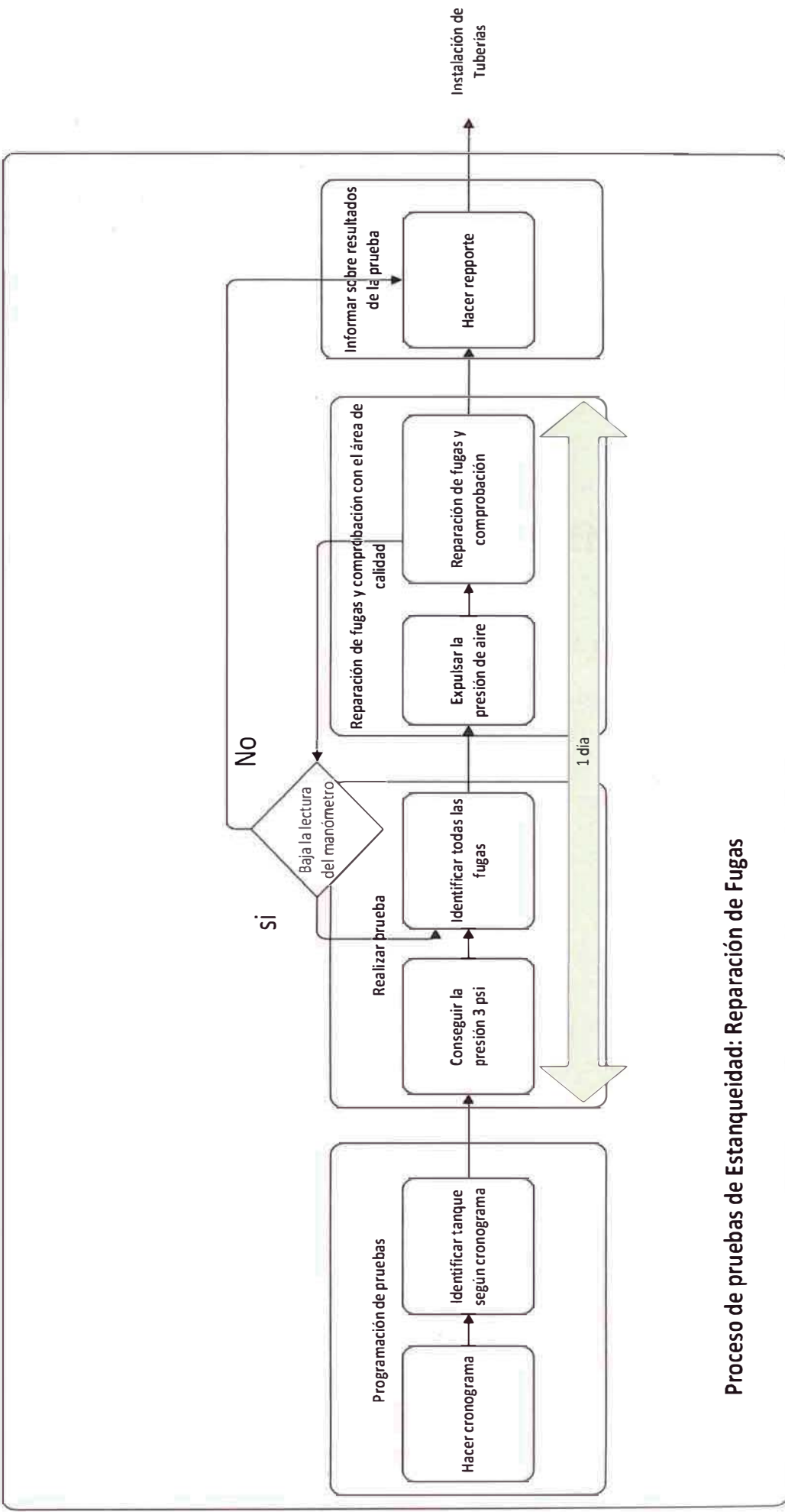
-Al trabajar con el proceso FCAW Y SAW disminuyó a casi cero el número de fugas. Este hecho nos dio la confianza para involucrar al área de calidad para que participe desde el inicio de la prueba de estanqueidad.

Diagrama N° 17 Diagrama de procesos para la construcción de la Barcaza



Fuente: Elaboración propia

Diagrama N° 18 Diagrama de flujo de la prueba de Estanqueidad involucrando al área de calidad



Proceso de pruebas de Estanqueidad: Reparación de Fugas

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV:

ANALISIS COSTO - BENEFICIO

Para la ejecución de alternativa de solución escogida se emplearon los siguientes recursos:

- ✓ 08 Operarios Esmeriladores
- ✓ 08 Operarios Soldadores
- ✓ 06 Operarios soldadores turno noche
- ✓ 10 Máquinas de soldar Miller
- ✓ 20 Moladoras grandes
- ✓ 20 Moladoras pequeñas
- ✓ 20 Buriles

Para el coste de los recursos humanos hay que tener en cuenta que las 2 primeras barcasas tiene un plazo de 6 meses para la producción total de la estructura, los contratos se renovaran cada 6 meses por necesidad de esta actividad y la necesidad de que sea el mismo personal el que haga los acabados en las 5 barcasas.

Tabla N° 12 Costos de la alternativa solución

Item	Descripción	Unidad	Cantidad meses	C. U.	Costo Total S/.
01	Operarios Esmeriladores	8	6	1200	57,600
02	Operarios Soldadores	8	6	1200	57,600
03	Máquinas de Soldar Miller	10	36	24000	240,000
04	Soldadores turno noche	6	1	1800	10800
04	Moledoras de 9	20	12	5800	116,000
05	Moledoras de 4 1/2	30	12	2800	84,000
06	Rectificadores neumáticos	20	12	6,00	12,000
07	Cambio de Tipo de soldadura	(ver	Anexo)		10,220
					588,420

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 13: Datos de Barcaza

Precio de Una Barcaza	15'000,000
Costos por barcaza	12'000,000
Costeo de la alternativa solución	588,420
Beneficio	2'421,800
Penalidad por incumplimiento C/15 días	1'200,200

Fuente: Elaboración propia

Midiendo la rentabilidad de la inversión:

$$\text{ROI} = [(\text{BENEFICIO OBTENIDO} - \text{INVERSIÓN}) / \text{INVERSIÓN}]$$

$$\text{ROI} = [(2'421,800 - 588,420) / 588,420]$$

$$\text{ROI} = [18333800 / 588,420]$$

ROI = 3.10 La inversión es rentable.

En el caso de la penalidad:

$$\text{ROI} = [(2'421,800 - 1200,200) / 1200,200]$$

$$\text{ROI} = [1221600 / 1200,200]$$

ROI = 1.01 La inversión es poco rentable o menos rentable.

La productividad aumentará con las mejoras en los procesos

Tabla N° 14: **Datos de Barcaza**

Datos			
Proceso	Cantidad de Zonas eregidas	Numero de operarios	cantidad de soldadura Kg
SMAW	1	2	50
SAW	5	2	200

Elaboración propia

Tabla N° 15 **Productividad**

Aumento de productividad	
Productividad SMAW	1
Productividad SAW	1.25

Elaboración propia

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- ✓ El programa de mejoras logra que se entreguen las Barcazas en el tiempo programado.
- ✓ La productividad aumenta en un 25% en etapa de Erección.
- ✓ El cambio de método de soldadura SMAW a FCAW reduce el tiempo de sub ensamble por Barcaza en un 25%.
- ✓ El cambio de método de soldadura SMAW a FCAW reduce el tiempo de ensamble por Barcaza en un 30%.
- ✓ El cambio de método de soldadura SMAW a SAW reduce el tiempo de Erección por Barcaza en un 20%.
- ✓ El programa de mejoras le permite a la empresa un beneficio aproximado de S/. 1'800,000 por Barcaza.
- ✓ Si se hubiera preferido pagar la penalidad las ganancias del proyecto se hubieran reducido al 50%.
- ✓ La correcta interpretación de la Norma AWS hace que se reduzca el tiempo de las pruebas en un 39 % en la construcción de la las 2 primeras barcazas y en un 60 % para la 5ta Barcaza.
- ✓ Las mejoras de diseño se aplicaron a las barcazas durante la producción de la primera Barcaza. El diseño original contaba de 6 tanques centrales bajo la tolva de la barcaza. Se ofreció al

cliente separar en dos estos tanques de tal forma que se le ofreció 12 tanques vacíos.

Se obtuvo un reconocimiento verbal por parte del cliente. Una de las segundas barcazas ya en ejercicio del cliente, fue mal operada y chocó contra unas rocas. Esta colisión provocó que el casco de la barcaza se rompiera, pudiéndose hundir. La mejora en el diseño le dio a la Barcaza tanques vacíos que la hicieron flotar y evitaron el hundimiento de la barcaza. La barcaza fue reparada en Panamá y los gastos corrieron por parte del cliente ya que esta ya había sido entregada y fue una mala manipulación del operario del cliente.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda la inversión en más equipos de soldadura FCAW debido al alto rendimiento que tienen este procedimiento de soldadura.
- ✓ Se recomienda incluir a los supervisores de obra en las reuniones de jefaturas de los talleres, para lograr nuevas perspectiva para plantear las mejoras. Es poco frecuente su intervención en estas reuniones.
- ✓ Se recomienda mantener para la realización de los siguientes proyectos al personal de acabados. Con ello se evitaría capacitación de nuevo personal y se tendrían mayor eficiencia desde el inicio de los proyectos.
- ✓ Se recomienda el mejoramiento del programa de mantenimiento de segundo nivel de las máquinas Miller. Ya que son de prioridad A. Se entiende que si fallan máquinas Miller el tiempo de producción aumentará considerablemente.
- ✓ Se recomienda la compra de una grúa para los siguientes proyectos. Esta serviría de apoyo en las actividades de sub ensamble y ensamble. Pudiéndose reducir aún más los tiempos en estas actividades.
- ✓ Se recomienda que el área de logística realice un plan de mejoras en sus procedimientos.

GLOSARIO

Construcción por módulos.- Es la construcción de una estructura naval realizada por módulos. Es decir se realiza primero la construcción de los módulos y luego estos son unidos por soldadura para formar la estructura total.

Grúa pórtico.- Es una máquina grúa ubicada en la puerta del taller, se traslada a través de un riel que recorre todo el taller. Esta grúa habilita las piezas fuera del taller, para el proceso de ensamble y sub-ensamble.

Pruebas de estanqueidad.- Es un protocolo que se encuentra en el plan de calidad. Son las pruebas finales que se realizan a los tanques de la barcaza para detectar y reparar fugas presentes que pudiera originar una catástrofe cuando la unidad construida esté en ejercicio.

Tanques.- Los tanques son aquellas estructuras cerradas que se forman al unir los módulos. Estos necesariamente pasan por pruebas de estanqueidad.

Liberación de estructuras.- Liberar cada módulo es un protocolo que se encuentra en el plan de calidad. Significa presentar la estructura con el mínimo de discontinuidades permitidas según las normas. Para construcciones navales la norma específica es AWS D1.1 capítulo 6.

Penalidad.- Es la multa o pago según contrato que realizará el productor al dueño del proyecto si no se cumple la fecha de entrega.

Grada de construcción.- Es la zona donde se realizará la erección de módulos. Tiene la característica de ser inclinada para que la embarcación sea lanzada al mar o se deslice hasta el mar.

BIBLIOGRAFÍA

- Separatas del Curso de Gestión por Procesos – Ing. Jorge García Cruz
- Separata Modelamiento de Procesos – Ing. Víctor Ibañez Salazar
- Administración, Una perspectiva global y empresarial – Harold Koontz.
- CD Gestión por Procesos – Ing. Víctor Ibañez Salazar
- MANUAL DEL SOLDADOR – German Hernández Riesco
- Introducción a la Metalurgia de la Soldadura- Dr. Carlos Fosca
- Separatas Control de Calidad de uniones soldadas-Pontificia Universidad Católica del Perú
- Norma AWS D1.1/D1.1M:2008 An American National Standard
Structural Welding Code – Steel. American Welding Society
- http://www.sima.com.pe/transparencia/mapafonafesp/SIMA-PERU_76_Memoria_Anual_2011.pdf Fecha acceso: 02/05/13

ANEXO

Proyectos relevantes de Sima

(1) Construcciones Navales

Cuadro N° 2 **Proyectos en ejecución**

Item	Ciente	Proyecto	Monto S/.
1	Autoridad del Canal de Panamá	Construcción de cinco barcasas de tolva	74,419,322
2	Remolcadores Ultratug	Construcción de cuatro remolcadores de 60 ton	69,426,873
3	Autoridad del Canal de Panamá	Construcción de dos remolcadores de 55 ton. de bollard pull	43.436.700
4	Marina de Guerra del Perú	Construcción de ocho patrulleras de costa tipo MGP	26,720,000
5	Remolcadores Ultratug	Construcción de un remolcador de 60 ton	16,899,976
6	Remolcadores Ultratug	Construcción de un remolcador de 60 ton	16,480,855
7	IMI del Perú S.A.C.	Fabricación de dos lanchas para transporte de 24 pasajeros de casco de aluminio	9.531.294
8	Marina de Guerra del Perú	Construcción de un remolcador para servicio portuario tipo bollard pull de propulsión comercial perteneciente al PIP "Recuperación de la capacidad de maniobra de los buques de la Base Naval del Callao	7,046,620

Fuente: Intranet SIMA

Tabla N° 16 Programación de Producción de Barcazas 1 y 2

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Holguras logradas (días)
CONSTRUCCION DE CINCO (5) BARCAZAS TIPO TOLVA ACP	621.9 días	Lun 26/07/10	Vie13/07/12	
FABRICACIÓN – CORTE BARCAZAS (5) BARCAZAS	156 días	mar 31/08/10	vie 10/06/11	
FABRICACIÓN – CORTE BARCAZAS 1 Y 2	120 días	mar 31/08/10	Lun 10/01/11	
SUB ENSAMBLE MODULOS BARCAZA 1	90 días	Sáb 25/09/10	Lun 27/12/10	
SUB ENSAMBLE MODULOS BARCAZA 2	68 días	Lun18/10/10	Lun 27/12/10	
ENSAMBLE DE MODULOS BARCAZA 1	70 días	Mar 08/12/10	Jue 17/02/11	
ENSAMBLE DE MODULOS BARCAZA 2	48 días	Lun 13/12/10	Jue 10/02/11	
ENSAMBLE POPA PROGRAMADO	26 días	Sab 23/10/10	Mie 24/11/10	
ENSAMBLE PROA PROGRAMADO	26 días	Vie 17/12/10	Mar 18/01/11	
ENSAMBLE POPA REAL	31 días	Jue 07/01/11	Lun 07/02/11	
ENSAMBLE PROA REAL	26 días	Lun 10/01/11	Lun 07/02/11	
ERECCION DE MODULOS EN GRADA No 1 BARCAZA 1	80 días	Lun 03/01/11	Mie 30/03/11	
ERECCION DE MODULOS EN GRADA No 1 BARCAZA 2	64 días	Sab22/01/11	Mie 30/03/11	
PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD PROGRAMADAS	82 días	Lun 17/01/11	Mie 06/04/11	
INSTALACIÓN DE SISTEMAS (PROGRAMADO)	96 días	Mar 28/12/10	Mier 06/04/11	
INSTALACIÓN DE SISTEMAS REAL	100 días	Lun 20/12/10	Mier 06/04/11	
LANZAMIENTO BARCAZA 1 Y 2	17 días	sáb 16/04/11	sáb 07/05/11	
PRUEBAS EN LA MAR BARCAZA 1 Y 2	18 días	mié 27/04/11	jue 19/05/11	
ENTREGA Y RECEPCION BARCAZA 1 Y 2	32 días	jue 19/05/11	mar 28/06/11	
HOLGURA				0

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 17 Programación de Producción de Barcazas 3 y 4

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Holguras logradas (días)
SUB ENSAMBLE MODULOS BARCAZA 3 Y 4	112 días	Vie 24/06/11	Sab 15/10/11	
ENSAMBLE MODULOS BARCAZA 3	64 días	Jue 22/09/11	Sab 26/11/11	
ENSAMBLE MODULOS BARCAZA 4	64 días	Jue 22/09/11	Sab 26/11/11	
ERECCION DE MODULOS EN GRADA No 1 BARCAZA 3	70 días	Mar 04/10/11	Mie 14/12/11	
ERECCION DE MODULOS EN GRADA No 1 BARCAZA 4	70 días	Mar 04/10/11	Mie 14/12/11	
PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD PROGRAMADAS	82 días	Vie 28/09/11	mie 21/12/11	
PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD	32 días	Lun 19/09/12	Lun12/12/11	
INSTALACION DE SISTEMAS BARCAZA 3 Y 4 (PROGRAMADO)	65 días	vie 23/09/11	Jue 08/12/11	
INSTALACIÓN DE SISTEMAS REAL	60 días	Mie 28/09/11	Lun 28/11/11	
LANZAMIENTO BARCAZA 3 Y 4	6 día	vie 27/01/12	Mie 01/02/12	
PRUEBAS EN LA MAR BARCAZA 3 Y 4	5 días	Vie 16/03/12	Mar 20/03/12	
ENTREGA Y RECEPCION BARCAZA 3 Y 4	10 días	Mie 21/03/12	Vie30/03/12	
HOLGURA				5

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 18 Programación de Producción de Barcazas 5

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Holguras logradas (días)
SUB ENSAMBLE MODULOS BARCAZA 5	60 días	Vie 18/11/11	Jue 19/01/12	
ENSAMBLE MODULOS BARCAZA 5	64 días	Lun 02/01/12	Vie 09/03/12	
ERECCION DE MODULOS EN GRADA No 1 BARCAZA 5 PROGRAMADA	70 días	Lun 06/02/12	Lun 16/04/12	
ERECCION DE MODULOS EN GRADA No 1 BARCAZA 5	54 días	Lun 06/02/12	Vie 30/03/12	
PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD PROGRAMADAS	32 días	Lun 20/02/12	Vie 23/03/12	
PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD REALIZADAS	16 días	Lun 20/02/12	Vie 23/03/12	
LANZAMIENTO BARCAZA 5	2 días	jue 10/05/12	Vie 11/05/12	
ENTREGA Y RECEPCION BARCAZA 5	10 días	Mar 19/06/12	Jue 28/06/12	
HOLGURA				8

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 19 Cantidad de soldadura por Barcaza

MATERIALES	Una Barcaza		Diferencia (Kg.)
	Cantidad programada (kg.)	Cantidad propuesta (Kg.)	
Soldadura Eléctrica Aws E-6011 De 1/8 (3.25mm)	60	20	-40
Soldadura Eléctrica Aws E-6011 De 3/16 (5.00mm)	1,200	800	-400
Soldadura Eléctrica Aws E-6011 De 5/32 (4.00mm)	3,200	1,800	-1,400
Soldadura Eléctrica Aws E-6012 De 1/8 (3.25mm)	320	200	-120
Soldadura Eléctrica Aws E-6012 De 5/32 (4.00mm)	560	280	-280
Soldadura Eléctrica /Aws E-6012/ De 3/16 (5.00mm)	300	200	-100
Soldadura Eléctrica /Aws E-6012/ De 3/32 (2.50mm)	20	20	-
Soldadura Eléctrica Aws E-7018 De 1/8 (3.25mm)	5,800	1,800	-4,000
Soldadura Eléctrica /Aws E-7018/ De 3/16 (5.00mm)	200	160	-40
Soldadura Eléctrica Aws E-7018 De 5/32 (4.00mm)	3,040	1,200	-1,840
Soldadura Eléctrica Ferrosito E-7024 De 5/32	1,530	800	-730
Soldadura Eléctrica Ferrosito E-7024 De 3/16	400	200	-200
TOTAL SOLDADURA PROCESO MANUAL	16,630	7,480	-9,150
PRECIO PROMEDIO 20 KG SI.	120.00	120.00	
% UTILIZACIÓN		75%	
TOTAL SOLES	99,780.00	44,880.00	-54,900
Soldadura P/Arco Sumergido Ps-2 De 5/32 /Cobreado (TIPO 1)	2,000	2,800	800
Soldadura Eléctrica E71t-1 De 1.6 Mm (TIPO 2)	10,600	14,600	4,000
TOTAL SOLDADURA PROCESO AUTOMATICO	12,600	17,400	4,800
PRECIO PROMEDIO TIPO 1 KG SI.	9.40	9.40	
PRECIO PROMEDIO TIPO 2 KG SI.	14.40	14.40	
% UTILIZACIÓN		100%	
TOTAL SOLES	171,440.00	236,560.00	65,120
TOTAL SOLDADURA PROCESO MANUAL + AUTOMATICO	29,230	24,880	-4,350
TOTAL SOLES	271,220.00	281,440.00	10,220

Fuente: Elaboración propia