

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**PROPUESTA DE UN PLAN DE MEJORA PARA OPTIMIZAR EL
PROCESO DE ARENADO DE EMBARCACIONES EN UN
ASTILLERO DEL CALLAO**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

PRESENTADA POR

Bach. CHIRINOS CUBILLAS, GLORIA FÁTIMA

Bach. HIDALGO SÁNCHEZ, ARANTZA FIORELLA

ASESOR: Mg. MATEO LÓPEZ, HUGO JULIO

LIMA – PERÚ

2019

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi familia y amigos, quienes me brindaron apoyo, consejos y sabiduría durante el desarrollo del presente estudio y a lo largo de mi carrera profesional.

Gloria Chirinos Cubillas

Esta tesis está dedicada a toda mi familia, en especial a mis padres y hermano, quienes han sido mi soporte incondicional para mantenerme firme en mi carrera y en el desarrollo de la tesis.

Arantza Hidalgo Sánchez

AGRADECIMIENTO

Nuestro sincero agradecimiento a nuestros docentes por brindarnos los conocimientos de la carrera de ingeniería industrial, al asesor por guiarnos en el desarrollo de esta tesis, a la empresa y a toda persona que nos apoyó en la elaboración de la tesis.

Gloria Chirinos y Arantza Hidalgo

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Descripción y formulación del problema general y específico	2
1.1.1. Problema general	18
1.1.2. Problemas específicos.....	18
1.2. Objetivo general y específico.....	18
1.2.1. Objetivo general.....	18
1.2.2. Objetivos específicos	18
1.3. Delimitación de la investigación: temporal, espacial y temática	18
1.4. Justificación e importancia.....	19
1.4.1. Justificación	19
1.4.2. Importancia	19
1.5. Limitaciones del estudio	20
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	21
2.1. Antecedentes del estudio de investigación.....	21
2.2. Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio.....	23
2.2.1. Plan de mejora	23
2.2.2. Mejora continua (Kaizen)	24
2.2.3. Diagrama de causa-efecto o Ishikawa	28
2.2.4. Curva de Pareto.....	29
2.2.5. Metodología de los 5 por qué.....	31
2.2.6. Metodología AMEF.....	31
2.2.7. Proceso de arenado	38
2.2.8. Máquina de chorreado	42

2.2.9.	El análisis granulométrico	43
2.2.10.	Seguridad en el proceso de arenado.....	45
2.3.	Definición de términos básicos	48
2.4.	Hipótesis.....	49
2.4.1.	Hipótesis principal	49
2.4.2.	Hipótesis secundarias.....	49
2.5.	Variables	49
2.5.1.	Definición conceptual de las variables	49
2.5.2.	Operacionalización de las variables.....	50
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		51
3.1.	Tipo y nivel	51
3.2.	Diseño de la investigación	51
3.3.	Población y muestra	52
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	53
3.4.1.	Tipos de técnicas e instrumentos	53
3.4.2.	Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos	53
3.4.3.	Procedimientos para la recolección de datos	53
3.5.	Técnicas para el procesamiento y análisis de la información	54
CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN		55
4.1.	Diagnóstico y situación actual	55
4.1.1.	Tratamiento de superficie actual.....	60
4.1.2.	Diagnóstico del arenado actual	63
4.2.	Desarrollo.....	69
4.2.1.	Sistema de manejo y control de materia prima.....	69
4.2.2.	Estandarización del proceso de arenado	80
4.2.3.	Implementación de EPPs	87

4.2.4. Plan de mejora propuesto.....	92
4.3. Presentación de resultados	102
4.4. Análisis de Resultados	104
4.4.1. Análisis de la primera hipótesis específica	105
4.4.2. Análisis de la segunda hipótesis específica	106
4.4.3. Análisis de la tercera hipótesis específica.....	108
CONCLUSIONES	110
RECOMENDACIONES.....	111
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	112
ANEXOS	114
Anexo 1. Matriz de Consistencia	114
Anexo 2. Mapa de procesos del Astillero	115
Anexo 3. Formato de preparación de superficies.....	116
Anexo 4. Flujo del Tratamiento de Superficie de la empresa	117
Anexo 5. Resultado de análisis granulométrico	118
Anexo 6. IPERC de las tareas de arenado.....	119
Anexo 7. Validación de Instrumentos de Recolección de Datos	120
Anexo 8. Registro de Observación sobre el proceso de arenado	121
Anexo 9. Registro del Análisis Granulométrico e Inspección Visual.....	122
Anexo 10. Registro de contenido del documento de Verificación de Calidad	123
Anexo 11. Registro de contenido del documento de Informe de Accidente.....	124

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características principales de gradas y diques.....	3
Tabla 2. Estándares de preparación de superficie.....	4
Tabla 3. Lista de causas del ineficiente proceso de arenado.....	8
Tabla 4. Análisis de cinco por qué.....	9
Tabla 5. Características técnicas de la escoria de cobre	11
Tabla 6. Cumplimiento de las especificaciones técnicas de la escoria de cobre	12
Tabla 7. Inspecciones del proceso de arenado	13
Tabla 8. Accidentes por el mal uso de EPPs.....	14
Tabla 9. Cronograma 1 de actividades de la embarcación Ju Long Jia Ya 17	16
Tabla 10. Cronograma 2 de actividades de la embarcación Ju Long Jia Ya 17	17
Tabla 11. Tabla cuantitativa para selección de Severidad	35
Tabla 12. Tabla cuantitativa para selección de Ocurrencia	36
Tabla 13. Tabla cuantitativa para selección de Detección.....	37
Tabla 14. Especificaciones técnicas del proceso de arenado.....	40
Tabla 15. N° de mallas ASTM para el análisis granulométrico.....	45
Tabla 16. Operacionalización de variables	50
Tabla 17. Diagrama de Actividades del Proceso de Arenado actual	64
Tabla 18. Análisis del modo y efectos de fallas en el arenado	70
Tabla 19. Motivo de defectos en la escoria de cobre.....	72
Tabla 20. Defectos en la escoria de cobre en los últimos seis meses	73
Tabla 21. Check List de Inspección Visual	74
Tabla 22. Código de tamaño de muestra.....	75
Tabla 23. Tabla general de inspección normal	76
Tabla 24. Registro de abrasivo no conforme	77
Tabla 25. Nota de devolución al proveedor	78
Tabla 26. Motivos de los rechazos del arenado por calidad.....	80
Tabla 27. Rechazos de calidad en los últimos seis meses	81
Tabla 28. Formato de Inspección al inicio del proceso de arenado	85
Tabla 29. Formato de Inspección durante el proceso de arenado	85
Tabla 30. Accidentes de arenado	87
Tabla 31. Diagrama de Actividades del Proceso Mejorado.....	93

Tabla 32. Plan de Mejora.....	95
Tabla 33. Talleres, áreas y departamentos del Astillero	98
Tabla 34. AMEF con acciones de mejora.....	99
Tabla 35. Defectos en la materia prima tras la implementación del plan de mejora	102
Tabla 36. Rechazos de calidad tras la implementación del plan de mejora.....	103
Tabla 37. Accidentes en el arenado tras la implementación del plan de mejora	104
Tabla 38. Base de datos pre y post test	104
Tabla 39. Prueba de normalidad de los defectos de materia prima pre y post test	105
Tabla 40. Prueba t student de los defectos de materia prima pre y post test	106
Tabla 41. Prueba de normalidad de los rechazos de calidad pre y post test	107
Tabla 42. Prueba t de student de los rechazos de calidad pre y post test.....	107
Tabla 43. Prueba de normalidad de los accidentes en el arenado pre y post test	108
Tabla 44. Prueba t de student de los accidentes en el arenado pre y post test	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes de una embarcación	3
Figura 2. Escoria de cobre	5
Figura 3. Entrega de lote de escoria de cobre	5
Figura 4. Diagrama de Ishikawa del proceso de arenado	7
Figura 5. Diagrama de Pareto del arenado.....	8
Figura 6. Cumplimiento de las especificaciones técnicas de la escoria de cobre	12
Figura 7. Rechazos del acabado del proceso de arenado	14
Figura 8. Accidentes en el arenado	15
Figura 9. Concepto de mejoramiento en japonés.....	24
Figura 10. El ciclo de mejoramiento de los siete pasos	27
Figura 11. Diagrama de causa-efecto	29
Figura 12. Diagrama de Pareto	30
Figura 13. Tipos de Análisis del Modo y Efectos de Fallas	33
Figura 14. Procedimiento para realizar un AMEF.....	33
Figura 15. Tamices	43
Figura 16. Tamizador.....	44
Figura 17. Equipos empleados en el proceso de arenado	47
Figura 18. Diseño de la investigación.....	52
Figura 19. Valores de la empresa.....	55
Figura 20. Organigrama del Astillero	56
Figura 21. Organigrama del Departamento de Producción	57
Figura 22. Diagrama de bloques del Tratamiento Superficial	58
Figura 23. Diagrama de bloques del proceso de Arenado	58
Figura 24. Estado en el que ingresa la embarcación.....	60
Figura 25. Proceso de Hidrolavado.....	61
Figura 26. Proceso de arenado	61
Figura 27. Rugosímetro de superficie.....	62
Figura 28. Proceso de pintado.....	63
Figura 29. Embarcación con tratamiento superficial	63
Figura 30. Flujo del Arenado Actual	65
Figura 31. Inspección visual de la escoria de cobre	66

Figura 32. Escoria de cobre en condición húmeda	66
Figura 33. Recolección de muestra de escoria de cobre	67
Figura 34. Arenado no uniforme.....	67
Figura 35. Operario sin uso de EPPs	68
Figura 36. Recojo de residuos de forma manual	68
Figura 37. Flujo del análisis de la materia prima actual	71
Figura 38. Porcentaje de motivos de defectos de la escoria de cobre.....	72
Figura 39. Porcentaje de defectos en la escoria de cobre en los últimos seis meses	73
Figura 40. Porcentaje de los motivos de rechazos de calidad.....	80
Figura 41. Porcentaje de rechazos de calidad en los últimos seis meses.....	81
Figura 42. Acta de Junta de Casco. Página 1.....	82
Figura 43. Acta de Junta de Casco. Página 3.....	83
Figura 44. Distancia y ángulo de aplicación del arenado	84
Figura 45. Patrón de aplicado del arenado.....	84
Figura 46. Porcentajes de tipo de accidentes en el proceso de Arenado	87
Figura 47. Vestimenta de trabajo del arenador	88
Figura 48. Operarios que participan en la maniobra de andamios y elevación	88
Figura 49. Charlas de Concientización	90
Figura 50. Flujo de Manejo y control de materia prima Propuesto	92
Figura 51. Flujo del Arenado Propuesto	94
Figura 52. Cronograma del plan de mejora 1-4	100
Figura 53. Cronograma del plan de mejora 5-10	101
Figura 54. Porcentaje de defectos de materia prima después de la mejora	102
Figura 55. Porcentaje de rechazos de calidad después de la mejora.....	103

RESUMEN

El astillero es una empresa del estado con derecho particular, que se dedica a la modernización, reparación, construcción, diseño y mantenimiento de las embarcaciones de la Marina de Guerra del Perú y extranjeras. La presente investigación tuvo como objetivo mejorar el proceso de arenado o limpieza por chorro abrasivo, dentro del mantenimiento de naves. Para ello, se propuso el diseño de plan de mejora usando la metodología del análisis modal de fallos y efectos (AMEF), con la cual se identificaron las fallas potenciales en el proceso y su nivel prioritario de riesgo. De la misma manera se utilizó el ciclo PHVA como filosofía y base para utilizar herramientas de mejora continua.

La metodología utilizada ha sido de tipo aplicada con diseño cuasiexperimental y se han aplicado herramientas de ingeniería industrial como el diagrama de flujo, diagrama de actividades del proceso (DAP), diagrama de causa y efecto y curva de Pareto, para realizar el diagnóstico del proceso de arenado.

Se desarrollaron propuestas de mejora en relación al manejo y control de la materia prima (escoria de cobre), a la estandarización del proceso de arenado y a la implementación de equipos de protección personal, las cuales fueron presentadas en un plan de mejora.

Como resultado, en base a la proyección de la implementación del plan de mejora, se obtuvo una reducción del 38% de los defectos de la materia prima, un 15% menos de rechazos de calidad y un 72% menos de accidentes durante el arenado.

Palabras clave: Plan de mejora, AMEF, PHVA, proceso de arenado, escoria de cobre, análisis granulométrico, EPP, defectos, rechazos, accidentes.

ABSTRACT

The shipyard is a company of the state with particular right, which is dedicated to the modernization, repair, construction, design and maintenance of the ships of the Navy of Peru and foreigners. The present investigation had as objective to improve the process of sandblasting or cleaning by abrasive jet, within the maintenance of ships. To this end, the design of an improvement plan was proposed using the methodology of failure mode effects analysis (FMEA), with which the potential failures in the process and their priority level of risk were identified. In the same way the PDCA cycle was used as a philosophy and basis to use continuous improvement tools.

The methodology used has been applied with a quasi-experimental design and industrial engineering tools such as the flow chart, outline process chart, cause and effect diagram and Pareto curve have been applied to diagnose the sandblasting process.

Improvement proposals were developed in relation to the management and control of the raw material (copper slag), the standardization of the sandblasting process and the implementation of personal protection equipment, which were presented in an improvement plan.

As a result, based on the projection of the implementation of the improvement plan, a 38% reduction in raw material defects was obtained, 15% less quality rejections and 72% less accidents during sandblasting.

Keywords: Improvement plan, FMEA, PDCA, sandblasting process, copper slag, granulometric analysis, PPE, defects, rejections, accidents.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, en el Perú se realizan el mantenimiento y reparación de embarcaciones de todo tipo, tales como buques de alto bordo, embarcaciones pesqueras, logísticas, entre otras. Sin embargo, una de las actividades principales se centra en la preparación de superficies, que es uno de los factores más importantes para el desempeño de los recubrimientos de uso industrial, por lo que los astilleros deben realizar un correcto mantenimiento con el objetivo de predominar en el mercado y de fidelizar a sus clientes.

El proceso de limpieza por chorro abrasivo o arenado es una de las principales actividades para llevar a cabo el tratamiento superficial del casco de las embarcaciones que ingresan a las instalaciones del astillero, debido a que a menudo es el método esencial para preparar el acero y otras superficies metálicas para su limpieza. La presente tesis tiene como objetivo optimizar el proceso de arenado de un astillero en el Callao mediante la propuesta de un plan de mejora.

En el capítulo I se describe la situación actual del proceso de arenado y se utilizan herramientas de diagnóstico en base a la filosofía PHVA para establecer los problemas específicos a resolver.

En el capítulo II se desarrolla el marco teórico utilizado para la investigación y se definen las hipótesis y variables de estudio, teniendo como indicadores la cantidad de defectos de la materia prima, los rechazos de calidad y la cantidad de accidentes.

El capítulo III detalla la metodología utilizada de tipo aplicada y diseño cuasiexperimental, junto a las técnicas e instrumentos que permiten medir los indicadores mencionados anteriormente.

El capítulo IV demuestra el diagnóstico y la situación actual del arenado mediante la metodología AMEF y herramientas de ingeniería industrial, lo que permite elaborar las propuestas del plan de mejora mediante un sistema de manejo y control de materia prima, la estandarización del proceso y la implementación de EPPs. Luego se muestra el análisis de resultados obtenidos de pruebas de normalidad y t student.

Finalmente, se concluye que si se implementa la propuesta, se reducirán los defectos de materia prima, los rechazos de calidad y los accidentes, por lo que se recomienda llevar a cabo el plan de mejora y además se fomenta otro tipo de investigación relacionada al proceso de arenado.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y formulación del problema general y específico

El astillero pertenece a una empresa peruana estatal con derecho privado, reconocida a nivel mundial que se desarrolla en la industria naval y metalmecánica. Por este motivo, sus principales clientes son la Marina de Guerra del Perú, clientes particulares y extranjeros.

La empresa se encuentra ubicada estratégicamente en tres centros de operación: Callao, Chimbote e Iquitos, y lidera los proyectos de construcción y reparación naval más importantes para la Marina de Guerra, como son:

- Las patrulleras marítimas, unidades construidas en convenio con la empresa coreana STX, que han permitido incorporar nueva tecnología e innovar los procesos.
- Las plataformas itinerantes de acción social con sostenibilidad (PIAS), embarcaciones acondicionadas especialmente para llevar los servicios del estado, tales como RENIEC, Banco de la Nación, medicinas, entre otros a las poblaciones alejadas del Río Amazonas y del Lago Titicaca.
- El buque multipropósito (LPD), una embarcación que brinda ayuda humanitaria y apoyo logístico en caso de desastres naturales.

Hoy en día el astillero registra la construcción y reparación de miles de embarcaciones, entre las que destacan buques de guerra, buques de alto bordo de diversos tipos, barcasas, remolcadores de alta mar, embarcaciones pesqueras, embarcaciones turísticas, entre otros.

Como se puede apreciar en la figura 1, la estructura de las embarcaciones está conformada por tres partes que son: obra muerta, obra viva y línea de flotación. Estas son construidas con planchas de acero naval conocidas también como ASTM A-131 de 8.40 mm en la obra muerta y línea de flotación de la embarcación, y en la obra viva con planchas de acero estructural ST 52-3 de 12 mm.

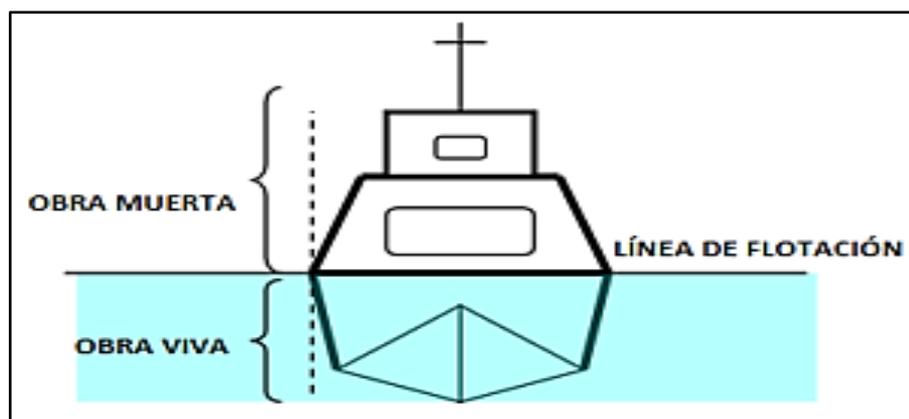


Figura 1. Partes de una embarcación

Fuente: Oceánica Náutica

Las instalaciones del astillero cuentan con un dique seco, tres diques flotantes, un sincroelevador y dos gradas que sirven para brindar servicios de modernización y mantenimiento de embarcaciones de diversos tipos (Ver tabla 1). Estas plataformas tienen la finalidad de evitar el paso del agua para realizar los respectivos trabajos en las embarcaciones.

Tabla 1. Características principales de gradas y diques

INSTALACIÓN	LARGO	ANCHO	CAPACIDAD
GRADA 1	203 m	30 m	27000 t
GRADA 2	261 m	36 m	50000 t
DIQUE SECO	194,85 m	26,80 m	25000 t
DIQUE FLOTANTE 104	115,80 m	23,30 m	4500 t
DIQUE FLOTANTE 107	125,96 m	15,50 m	3800 t
DIQUE FLOTANTE 106	87,84 m	13,72 m	1900 t

Fuente: Astillero. Dpto. Control de Calidad. Año 2018.

La línea de negocio de reparación realiza trabajos de recorrido y mantenimiento, en donde el Taller X90 (Taller de Tratamiento de Superficie) se encarga de los procesos de lavado, arenado y pintado de buques de acuerdo a las especificaciones del cliente en el tiempo programado. De la misma manera, el taller utiliza estándares para la ejecución de las diferentes actividades que constituyen el tratamiento de una superficie metálica. Estos estándares de preparación de superficies de acero, para su limpieza mediante un chorro abrasivo, establecidos por la SSPC (Steel Structures Painting Council, Pittsburg USA) han sido resumidos en la tabla 2.

Tabla 2. Estándares de preparación de superficie

Standard SSPC	Nivel de remoción de contaminantes
SP 7 Limpieza con chorro abrasivo grado ligero	Quita toda escama de laminación suelta, óxido y pintura
SP 14 Limpieza con chorro abrasivo grado industrial	Quita todos los contaminantes menos las trazas de escamas de laminación, óxido y pintura muy adheridos
SP 6 Limpieza con chorro abrasivo grado comercial	Quita todos los contaminantes visibles menos sobras de óxidos hasta 33%
SP 10 Limpieza con chorro abrasivo grado cercano al blanco	Quita todos los contaminantes menos sobras de óxidos
SP 5 Limpieza con chorro abrasivo grado al blanco	Quita todos los contaminantes visibles

Fuente: Astillero. Dpto. Control de Calidad. Año 2018.

La elección del tipo de limpieza a utilizar depende de varios factores, como el estado estructural en el que se encuentra la embarcación, la adherencia de la pintura, la cantidad de escoria, la retención y presión en los manómetros, entre otros. Luego de la inspección por parte del taller, de la oficina de planificación y control de la producción, y del departamento de calidad, se elige el estándar adecuado y requerido para poder realizar el proceso de arenado.

Es recomendable realizar el proceso de arenado y tratamiento superficial a las embarcaciones cada 3 años, sin embargo, la mayoría de embarcaciones de clientes particulares o extranjeros descuidan la parte estructural y lo realizan después de los 5 años, ocasionando que la estructura del casco se debilite y se desgaste.

El proceso de arenado o limpieza de chorro abrasivo tiene como principal insumo la escoria de cobre (Ver figura 2), la cual debe ser suministrada de acuerdo a las características técnicas para que permita un desarrollo satisfactorio, permitiendo cumplir con los estándares de calidad aplicada por la empresa y así evitar reprocesos, mal acabado en el casco del buque, pérdidas de tiempo y de material.

La escoria de cobre es suministrada en sacas de 1.3 toneladas (Ver figura 3), por lo que el almacén de la empresa es el encargado de suministrar este abrasivo al taller para los respectivos trabajos de arenado.

Principalmente los problemas que se presentan en este procedimiento son por la falta de cumplimiento de las especificaciones que requiere la empresa para ejecutar el proceso de arenado. La falta de compromiso y seguridad por parte de los operarios es deficiente, debido a que no cumplen con las técnicas y procedimientos adecuados que se debe de seguir para realizar satisfactoriamente el proceso.



Figura 2. Escoria de cobre
Fuente: Elaboración propia



Figura 3. Entrega de lote de escoria de cobre
Fuente: Elaboración propia

Se ha utilizado el diagrama de causa – efecto o Ishikawa para el desarrollo del análisis desde la raíz del problema. En la figura 4 se puede observar las principales causas por las que se origina un ineficiente proceso de arenado y su clasificación en base a las 6M (mano de obra, maquinaria, medio ambiente, medición, material y método).

Para identificar los principales problemas a resolver, se ordenaron las causas del problema de acuerdo a las frecuencias de ocurrencia y se calcularon los porcentajes acumulados que se muestran en la tabla 3, para poder esquematizar el Diagrama de Pareto (Ver figura 5) que permite asignar un orden de prioridades a las causas, siendo las primeras seis las principales a resolver para mejorar el ineficiente proceso de Arenado.

Después de analizar las causas principales del problema mediante el método de los 5 porqué (Ver tabla 4), se puede determinar que las causas 1, 2 y 4 se ocasionan principalmente debido a que no se ha establecido un correcto control de materia prima, por lo que se propone como medida de acción un programa de manejo y control de materia prima para reducir la principal causa de las fallas presentes en la escoria de cobre.

Por otro lado, las causas 3 y 5 indican el problema principal sobre la falta de conocimiento de los operarios sobre los estándares de arenado, por lo que se propone la estandarización del proceso y establecer los controles necesarios para evitar que se generen rechazos por calidad.

Finalmente la causa 6 se produce debido a que los operarios no conocen la importancia del uso de EPPs, por lo que se propone una implementación de EPPs para reducir la cantidad de accidentes.

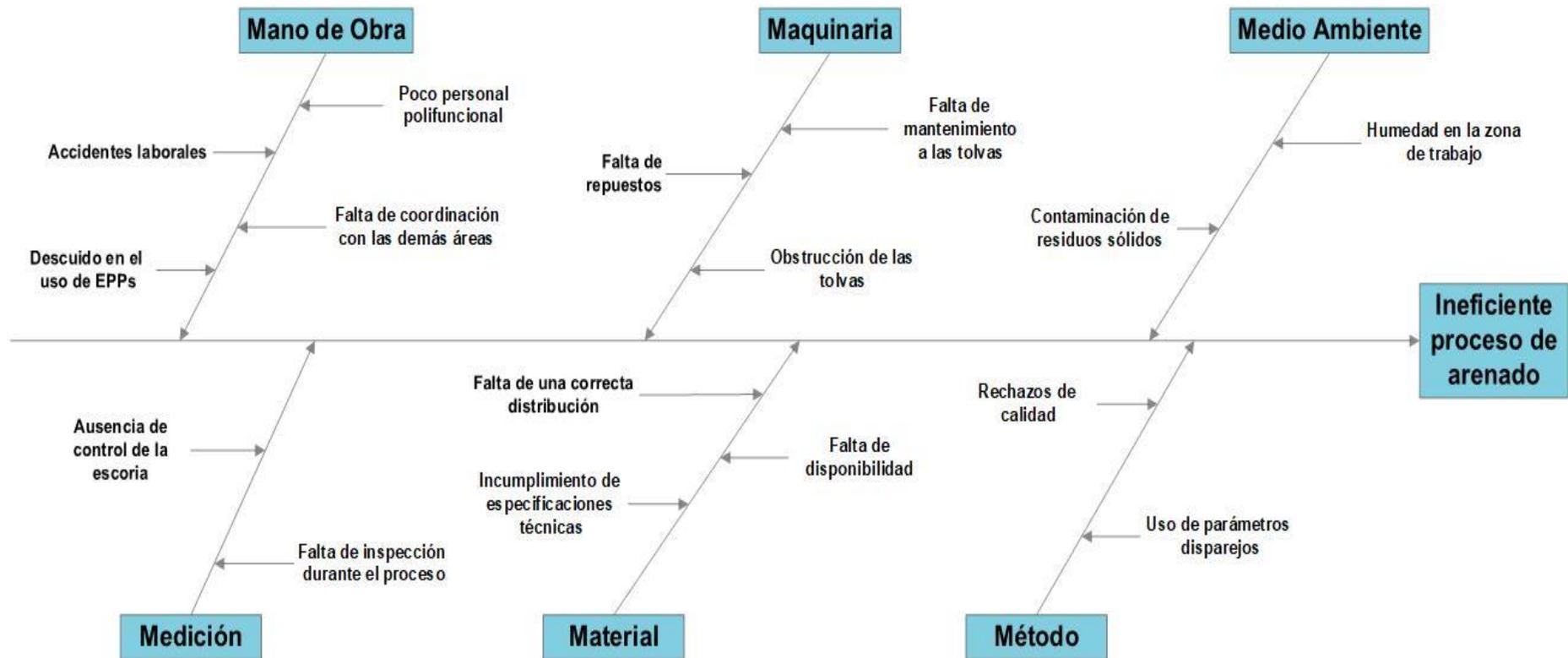


Figura 4. Diagrama de Ishikawa del proceso de arenado

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Lista de causas del ineficiente proceso de arenado

N°	Causas	Rubro	Frecuencia	Acumulado	%	% Acumulado
1	Incumplimiento de especificaciones técnicas	Material	36	36	20.69	20.69
2	Ausencia de control de la escoria	Medición	30	66	17.24	37.93
3	Rechazos de calidad	Método	24	90	13.79	51.72
4	Obstrucción de la tolvas	Máquina	20	110	11.49	63.22
5	Uso de parámetros disparejos	Método	18	128	10.34	73.56
6	Accidentes laborales	Mano de obra	11	139	6.32	79.89
7	Falta de inspección durante el proceso	Medición	8	147	4.60	84.48
8	Descuido en el uso de EPPs	Mano de obra	8	155	4.60	89.08
9	Falta de una correcta distribución	Material	4	159	2.30	91.38
10	Falta de coordinación con las demás áreas	Mano de obra	4	163	2.30	93.68
11	Contaminación de residuos sólidos	Medio Ambiente	3	166	1.72	95.40
12	Poco personal polifuncional	Mano de obra	3	169	1.72	97.13
13	Falta de disponibilidad	Material	2	171	1.15	98.28
14	Falta de repuestos	Máquina	1	172	0.57	98.85
15	Falta de mantenimiento a las tolvas	Máquina	1	173	0.57	99.43
16	Humedad en la zona de trabajo	Medio Ambiente	1	174	0.57	100.00
			174		100	

Fuente: Elaboración propia

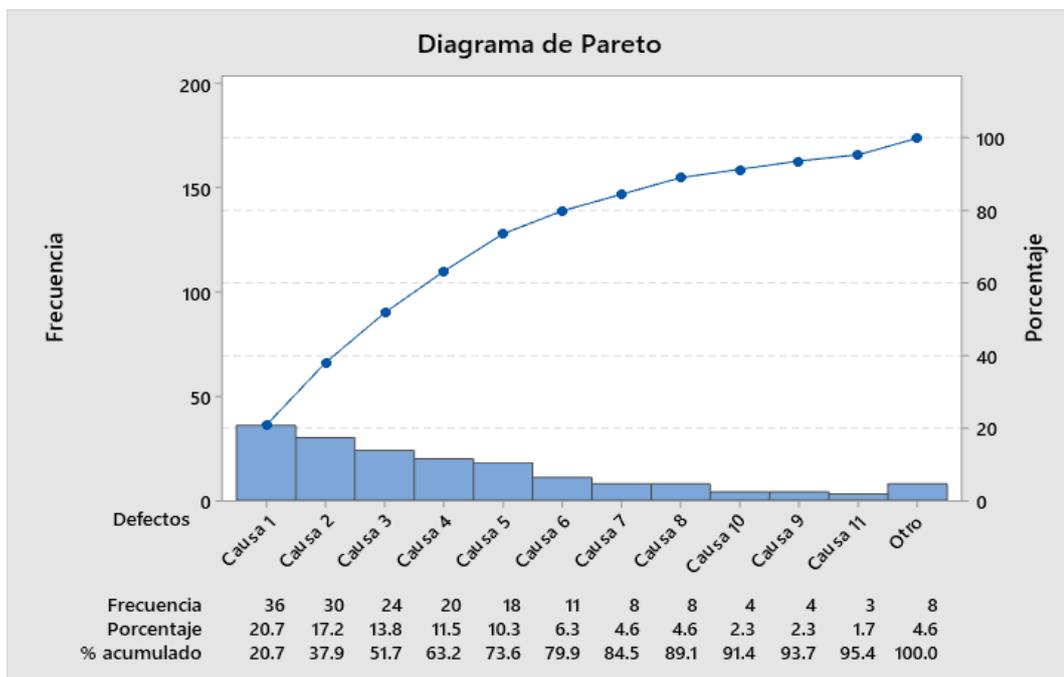


Figura 5. Diagrama de Pareto del arenado

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Análisis de cinco por qué (Continúa)

Causa 1: Incumplimiento de las especificaciones técnicas		Material
¿Por qué?	Porque presentan fallas de polvo, humedad y tamaño inadecuado	
¿Por qué?	Porque el almacén lo entrego en esas condiciones	
¿Por qué?	Porque se aceptó del proveedor el pedido con esas condiciones	
¿Por qué?	Porque la inspección es ineficiente	
¿Por qué?	Porque se realiza al azar sin seguir un criterio	
¿Por qué?	Porque no se ha establecido un patrón	
¿Por qué?	Porque el procedimiento de control no lo indica	
¿Por qué?	Porque no está establecido	
Causa 2: Ausencia de control de escoria		Medición
¿Por qué?	Porque la materia prima llega al proceso con defectos	
¿Por qué?	Porque se aceptó en esas condiciones	
¿Por qué?	Porque la inspección es ineficiente	
¿Por qué?	Porque se realiza al azar sin seguir un criterio	
¿Por qué?	Porque no se ha establecido un patrón	
¿Por qué?	Porque el procedimiento de control no lo indica	
¿Por qué?	Porque no está establecido	
Causa 3: Rechazos de calidad		Método
¿Por qué?	Porque no se cumplen con las especificaciones técnicas	
¿Por qué?	Porque la granulometría no es la correcta y/o el acabado no es uniforme	
¿Por qué?	Porque no se realiza un control simultaneo al proceso	
¿Por qué?	Porque no se conoce el estándar normalizado	
¿Por qué?	Porque no se le ha capacitado al respecto	

Tabla 4. Análisis de cinco por qué

Causa 4: Obstrucción de las tolvas		Máquina
¿Por qué?	Porque la escoria presenta fallas de polvo, humedad y tamaño inadecuado	
¿Por qué?	Porque el almacén lo entrego en esas condiciones	
¿Por qué?	Porque se aceptó del proveedor el pedido con esas condiciones	
¿Por qué?	Porque la inspección es ineficiente	
¿Por qué?	Porque se realiza al azar sin seguir un criterio	
¿Por qué?	Porque no se ha establecido un patrón	
¿Por qué?	Porque el procedimiento de control no lo indica	
¿Por qué?	Porque no está establecido	
Causa 5: Uso de parámetros dispares		Método
¿Por qué?	Porque se utilizan distintas distancias, ángulo y patrones de aplicación del arenado	
¿Por qué?	Porque no se conoce el estándar normalizado	
¿Por qué?	Porque no se ha divulgado	
¿Por qué?	Porque falta capacitación al respecto	
¿Por qué?	Porque no se han establecido	
Causa 6: Accidentes laborales		Mano de obra
¿Por qué?	Porque no se usó el EPP correspondiente	
¿Por qué?	Porque el operario no lo tiene o no le toma importancia	
¿Por qué?	Porque no reconoce su importancia	
¿Por qué?	Porque no ha sido concientizado adecuadamente sobre ello	
¿Por qué?	Porque no se le ha capacitado al respecto	

Fuente: Elaboración propia

La única empresa abastecedora de la escoria de cobre es la compañía Transegen, que en los últimos meses se ha observado que no ha estado cumpliendo con las especificaciones que requiere la empresa para el material abrasivo, las cuales se muestran en la tabla 5. La falta de control de calidad de la materia prima genera que no se esté ejecutando el proceso de arenado correcto, dado que las tolvas con las que realizan el proceso comenzaron a obstruirse por contener un abrasivo muy grueso, con alta presencia de polvo o humedad. Esto conlleva a que se realice un análisis de granulometría para verificar las especificaciones de los lotes de materia prima, sin embargo a pesar del resultado se continúa utilizando el material. En la tabla 6 se muestran las fechas desde marzo hasta mediados de julio en las que las muestras no cumplieron con las especificaciones, y en la figura 6 se observa que representan un porcentaje del 45%.

Tabla 5. Características técnicas de la escoria de cobre

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
Rango de Malla: entre la malla Nro. 20 y Nro.4
Granulometría: entre 0.800 a 4.500 mm.
Acumulación de polvillo: en base al 5% (bajo)
Genera baja nube de polvo
Porcentaje aceptable: 95%
Dureza: de 7- 8 grados en la escala de Mohs
Partícula: de forma angular cortante
Color: Negro/Gris
Olor: No tiene
Densidad de Masa: 1800Kg/m ³
Bolsa Jumbo bags: 1200kg a 1300kg
% peso de silicio: libre. No debe tener.
% peso de plomo (pb): libre. No debe tener.
Gravedad específica: 3,3g/cm ³
Rendimiento: de 2 a más golpes

Fuente: Astillero. Dpto. Control de Calidad. Año 2018.

El método estandarizado del proceso de arenado indica que existen diferentes distancias entre la boquilla de la manguera y la superficie del casco, presiones y ángulos de ataque de acuerdo al tipo de arenado que el cliente requiere. Dichas especificaciones no son controladas durante la ejecución del proceso, lo que puede ocasionar un mal arenado que evita que el inspector dé la autorización de iniciar el siguiente proceso de pintado, generando retrasos en el mantenimiento y tratamiento superficial. La tabla 7 evidencia las inspecciones que han cumplido o no los estándares de calidad, siendo la mayor cantidad de rechazos en el dique seco, como se muestra en la figura 7.

Tabla 6. Cumplimiento de las especificaciones técnicas de la escoria de cobre

CUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA ESCORIA DE COBRE		
Fecha de Recepción de la Muestra	Cumple	No Cumple
15/03/2019		x
18/03/2019		x
22/03/2019		x
26/04/2019		x
6/05/2019	x	
6/05/2019	x	
6/05/2019	x	
17/05/2019		x
17/05/2019		x
27/05/2019	x	
27/05/2019	x	
27/05/2019	x	
31/05/2019	x	
6/06/2019	x	
6/06/2019	x	
6/06/2019	x	
14/06/2019		x
19/06/2019	x	
26/06/2019		x
15/07/2019		x

Fuente: Astillero. Dpto. Control de Calidad. Año 2019

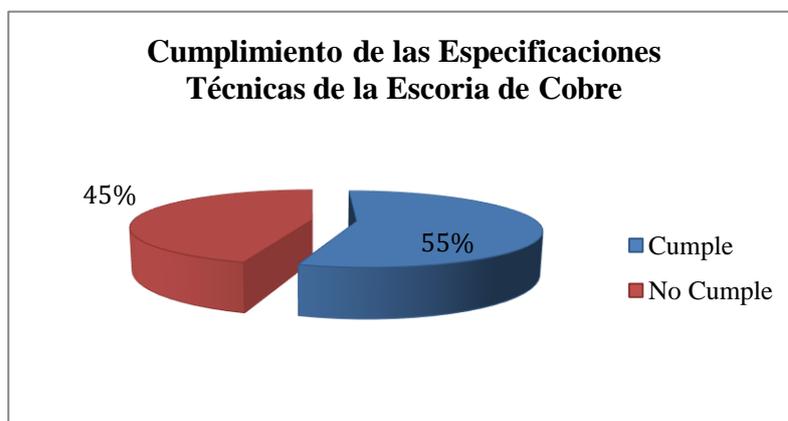


Figura 6. Cumplimiento de las especificaciones técnicas de la escoria de cobre

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Inspecciones del proceso de arenado

INSTALACIONES	MES	FECHA	BUQUE	CUMPLE	NO CUMPLE
DIQUE SECO	ENERO	14/01/2019	MIN MARIA REINA	X	
		14/01/2019	BP CAP. BENNY B.	X	
		19/01/2019	BT MOQUEGUA	X	
	FEBRERO	12/02/2019	BZA. AQUINHH DOS	X	
		18/03/2019	BP LU LAN YUAN YU689	X	
	MARZO	18/03/2019	BP PRO TRESMES	X	
		18/03/2019	BAP MEDINA	X	
		3/04/2019	BZA. LEUW	X	
	ABRIL	16/04/2019	RM MAZORCA	X	
		26/04/2019	BP JULIONG JIA YA 17	X	
		26/04/2019	BP JUN LONG JIA YA 22		X
		26/04/2019	BP JUN LONG JIA YA 28		X
		26/04/2019	BP JURONG YU 12		X
		11/05/2019	BP JURON JU LI	X	
	MAYO	11/05/2019	BP JU LONG YIA YA 14	X	
		24/05/2019	BP FU YUAN 2		X
		24/05/2019	BP FU YUAN 4		X
		24/05/2019	BP LU YAN YUAN YU 11		X
		24/05/2019	BP LU YAN YUAN YU 17	X	
		7/06/2019	BP CHANG SHUN 1	X	
7/06/2019		BP CHANG SHUN 2	X		
JUNIO	7/06/2019	BP LU LAN YUAN YU 016	X		
	7/06/2019	BP ZHENG XING 1	X		
	21/06/2019	BAP PISCO	X		
DIQUE ADF-107	ENERO	17/01/2019	BP ESTHERCHO	X	
		4/03/2019	BP SUMIYOSHI MARU 71	X	
	MARZO	25/03/2019	EMBARCACION CISTERNA		X
		29/03/2019	R/M CONDOR I		X
		3/05/2019	BP MING XIANG 877		X
	MAYO	17/05/2019	BP MING XIANG 818	X	
		25/05/2019	BP NING TAI 61		X
		25/05/2019	BP NING TAI 69	X	
	JUNIO	5/06/2019	BP NING TAI 5		X
		5/06/2019	BP NING TAI 17		X
15/06/2019		BP SHUN ZE 958	X		
JULIO	2/07/2019	BP TXOPITUNA DOS	X		
DIQUE ADF-104	MAYO	14/05/2019	BAP MARIATEGUI	X	
		4/06/2019	BP KINEII MARU 138	X	
		15/06/2019	BP HAN YI 611	X	
	JUNIO	15/06/2019	BP NING TAI 59	X	
		15/06/2019	BP HAN YI 22		X
		15/06/2019	BP NING TAI 85	X	
	JULIO	6/07/2019	BP DAGAH 601	X	
		6/07/2019	BP ZHOU YU 901	X	
		6/07/2019	BP RUN DA 601	X	
	6/07/2019	BR RUN DA 602		X	
VARADERO	MARZO	5/03/2019	BP BONDAÑA		X
		27/03/2019	BP MARIA JOSE	X	
	MAYO	27/05/2019	BP NING TAI 62	X	
	JUNIO	19/06/2019	BP ZHOU YU 902	X	
	JULIO	4/07/2019	BP ZHEN XING 1	X	
11/07/2019		BP LU WEI YUAN YU 96	X		

Fuente: Astillero. Dpto. Control de Calidad. Año 2019

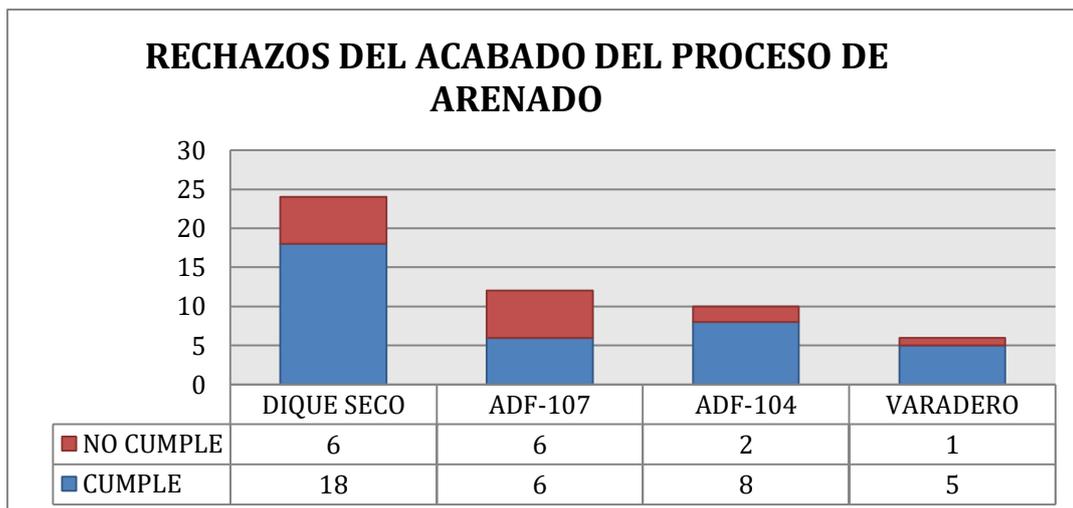


Figura 7. Rechazos del acabado del proceso de arenado

Fuente: Elaboración propia

Es esencial que los operarios, durante la ejecución del arenado, hagan uso de equipos de protección personal (EPPs). Sin embargo, no existe un adecuado control de su uso y el operario se mantiene expuesto a peligros que afectan su salud. Mensualmente el área de Seguridad y Salud Ocupacional reporta la cantidad de accidentes que se registran y el motivo de los mismos (Ver tabla 8 y figura 8).

Tabla 8. Accidentes por el mal uso de EPPs

MESES	CANTIDAD	MOTIVOS DE ACCIDENTES
Jul-18	0	-
Ago-18	0	-
Set-18	1	Falta de proteccion auditiva
Oct-18	2	Falta de proteccion respiratoria (máscara)
Nov-18	2	Falta de protección visual
	2	Falta de proteccion auditiva
Dic-18	0	-
Ene-19	2	Falta de proteccion auditiva
Feb-19	2	Falta de protección visual
	1	Falta de proteccion auditiva
Mar-19	2	Falta de proteccion auditiva
Abr-19	2	Falta de proteccion auditiva
	3	Falta de protección respiratoria (máscara)
May-19	1	Falta de protección visual
	3	Falta de proteccion auditiva

Fuente: Dpto. Seguridad y Salud Ocupacional. Año 2019



Figura 8. Accidentes en el arenado

Fuente: Astillero. Dpto. Seguridad y Salud Ocupacional. Año 2019.

Por otro lado, debido a lo descrito anteriormente, las embarcaciones se quedan más tiempo de lo programado en los diques y se generan retrasos para el ingreso de otras embarcaciones, lo cual provoca sobrecostos en el astillero. Esto se debe a que al inicio se establece un precio por la cantidad de días en que la embarcación estará en dique, y al superar dicho tiempo el cliente solo pagará por los días que se establecieron desde el inicio de la programación y el astillero asume la diferencia.

Como se puede apreciar en la tabla 9, en el cronograma programado se indica que el arenado se realizará el 29 de abril del presente año en el Dique Seco y que los trabajos finalizarán el 8 de mayo.

De acuerdo a la tabla 10 se observa que el arenado lo realizaron el jueves 02 de mayo en el Dique Seco, lo que ocasionó un retraso en la programación de 2 días y que la embarcación realice la maniobra de salida después de lo programado.

Tabla 9. Cronograma 1 de actividades de la embarcación Ju Long Jia Ya 17

LEYENDA DEL ESTADO DE ACTIVIDADES: P=PENDIENTE E=EJECUCIÓN T=TERMINADO						ABRIL		MAYO									
						lun	mar	mié	jue	vie	sáb	dom	lun	mar	mié	jue	vie
DÍ	BUQUE	DESCRIPCION ACTIVIDAD	TLL	E.	A\%	29	30	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
SECOJU LONG JIA YA 17		MANIOBRA DE INGRESO															
SECOJU LONG JIA YA 17		INSTALACION DE ANDAMIOS	X92			X			X	X							
SECOJU LONG JIA YA 17		DESMONTAJE VARIOS															
SECOJU LONG JIA YA 17		DESMONTAJE REJILLAS DE CAJAS DE MAR	X37	T	100%												
SECOJU LONG JIA YA 17		INSTALACION DE DESCARGAS	X41			X											
SECOJU LONG JIA YA 17		DESMONTAJE DE ANODOS DE ZINC	X41 X37			X			X								
SECOJU LONG JIA YA 17		TRATAMIENTO SUPERFICIAL															
SECOJU LONG JIA YA 17		LAVADO DEL CASCO A 8000 PSI	IP.	T	100%												
SECOJU LONG JIA YA 17		ARENADO DEL CASCO SA-2 AL 50%	X90	E		X											
SECOJU LONG JIA YA 17		LIMPIEZA GENERAL DEL DIQUE	X90			X	X		X								
SECOJU LONG JIA YA 17		PINTADO CASCO (3) CAPAS OBRA MUERTA	X90						1	2	3						
SECOJU LONG JIA YA 17		PINTADO CASCO (4) CAPAS OBRA VIVA	X90						1	2	3		4				
SECOJU LONG JIA YA 17		PINTADO LINEAS, CALADOS, NOMBRES	X90										X	X			
SECOJU LONG JIA YA 17		PINTADO DE ZONAS QUEMADAS	X90											X			
SECOJU LONG JIA YA 17		CALDERERIA Y SOLDADURA															
SECOJU LONG JIA YA 17		REPARACION DE GUARDABALANCE	IP.						X	X	X	X	X	X			
SECOJU LONG JIA YA 17		SISTEMA DE GOBIERNO															
SECOJU LONG JIA YA 17		CAMBIO DE EMPAQUETADURAS	X37							X	X		X	X			
SECOJU LONG JIA YA 17		VALVULAS															
SECOJU LONG JIA YA 17		INSPECCION A BORDO	X32	T	100%												
SECOJU LONG JIA YA 17		MANTTO. (04) VALVULAS DE FONDO	X32	E		X			X	X	X		X	X			
SECOJU LONG JIA YA 17		MONTAJE VARIOS															
SECOJU LONG JIA YA 17		MONTAJE DE ANODOS DE ZINC	X41											X			
SECOJU LONG JIA YA 17		RETIRO DE DESCARGAS	X41											X			
SECOJU LONG JIA YA 17		MONTAJE REJILLAS DE CAJAS DE MAR	X37											X			
SECOJU LONG JIA YA 17		MANIOBRA DE SALIDA															
SECOJU LONG JIA YA 17		ARRANCHADO DE ANDAMIOS	X92											X	X		
SECOJU LONG JIA YA 17		MANIOBRA DE SALIDA	X92												X		

Fuente: Astillero. División de Reparaciones Navales. Año 2019.

Tabla 10. Cronograma 2 de actividades de la embarcación Ju Long Jia Ya 17

LEYENDA DEL ESTADO DE ACTIVIDADES: P=PENDIENTE E=EJECUCIÓN T=TERMINADO							MAYO															
DI	BUQUE	DESCRIPCION ACTIVIDAD	TL	AV.	jue 25	vie 26	sáb 27	dom 28	lun 29	mar 30	mié 01	jue 02	vie 03	sáb 04	dom 05	lun 06	mar 07	mié 08	jue 09	vie 10	sáb 11	
SECOJU LONG JIA YA 17		INGRESO A DIQUE	X92	T	100%		X															
SECOJU LONG JIA YA 17		INSTALACION DE ANDAMIOS	X92	T	100%				X			X										
SECOJU LONG JIA YA 17		DESMONTAJE VARIOS		T	100%																	
SECOJU LONG JIA YA 17		DESMONTAJE REJILLAS DE CAJAS DE MAR	X37	T	100%		X															
SECOJU LONG JIA YA 17		INSTALACION DE DESCARGAS	X41	T	100%				X													
SECOJU LONG JIA YA 17		DESMONTAJE DE ANODOS DE ZINC	X41 X37	T	100%				X			X										
SECOJU LONG JIA YA 17		TRATAMIENTO SUPERFICIAL																				
SECOJU LONG JIA YA 17		LAVADO DEL CASCO A 8000 PSI	IP.	T	100%		X	X														
SECOJU LONG JIA YA 17		ARENADO DEL CASCO SA-2 AL 50%	IP.	T	100%			X	X	X		X										
SECOJU LONG JIA YA 17		PINTADO DE 1RA CAPA DEL CASCO	IP.	T	100%									1	1							
SECOJU LONG JIA YA 17		LIMPIEZA GENERAL DEL DIQUE	IP.	T	100%			X	X	X	X				X	X	X					
SECOJU LONG JIA YA 17		RESANE Y PINTADO ZONAS QUEMADAS	IP.																X			
SECOJU LONG JIA YA 17		PLAN DE PINTADO (2) CAPAS MUERTA	IP.																2			
SECOJU LONG JIA YA 17		PLAN DE PINTADO (3) CAPA VIVA	IP.																	2, 3		
SECOJU LONG JIA YA 17		PINTADO LINEAS, CALADOS, NOMBRES	IP.																	X		
SECOJU LONG JIA YA 17		CALDERERIA Y SOLDADURA																				
SECOJU LONG JIA YA 17		FABRICACION DE GUARDABALANCES	IP.	E										X	X	X	X	X	X	X		
SECOJU LONG JIA YA 17		SISTEMA DE GOBIERNO																				
SECOJU LONG JIA YA 17		CAMBIO DE RETENES DEL SERVOMOTOR	X37	E															X	X		
SECOJU LONG JIA YA 17		VALVULAS Y FILTROS																				
SECOJU LONG JIA YA 17		MANTTO. (04) VALVULAS DE FONDO Y (2) FILTROS EN EL SITIO	X32	T	100%				X						X	X	X			X	X	
SECOJU LONG JIA YA 17		MONTAJE VARIOS																				
SECOJU LONG JIA YA 17		MONTAJE DE ANODOS DE ZINC	X41																	X		
SECOJU LONG JIA YA 17		RETIRO DE DESCARGAS	X41																	X		
SECOJU LONG JIA YA 17		MONTAJE REJILLAS DE CAJAS DE MAR	X37																	X		
SECOJU LONG JIA YA 17		MANIOBRA DE SALIDA																				
SECOJU LONG JIA YA 17		ARRANCHADO DE ANDAMIOS	IP.																	X		
SECOJU LONG JIA YA 17		MANIOBRA DE SALIDA	X92																		X	

Fuente: Astillero. División de Reparaciones Navales. Año 2019.

1.1.1. Problema general

¿De qué manera la propuesta de un plan de mejora permitirá optimizar el proceso de arenado de embarcaciones en un astillero?

1.1.2. Problemas específicos

- a) ¿De qué manera un sistema de manejo y control de materia prima permitirá reducir defectos de la materia prima en el proceso de arenado de embarcaciones en un astillero?
- b) ¿De qué manera la estandarización del proceso de arenado permitirá reducir rechazos de calidad del arenado de embarcaciones en un astillero?
- c) ¿De qué manera la implementación de EPPs permitirá reducir accidentes en el proceso de arenado de embarcaciones en un astillero?

1.2. Objetivo general y específico

1.2.1. Objetivo general

Proponer un plan de mejora que permita optimizar el proceso de arenado de embarcaciones en un astillero.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Desarrollar un sistema de manejo y control de materia prima para reducir defectos de la materia prima en el proceso de arenado de embarcaciones en un astillero.
- b) Desarrollar la estandarización del proceso de arenado para reducir rechazos de calidad del arenado de embarcaciones en un astillero.
- c) Desarrollar la implementación de EPPs para reducir accidentes en el proceso de arenado de embarcaciones en un astillero.

1.3. Delimitación de la investigación: temporal, espacial y temática

Temporal: La investigación utiliza información y datos registrados desde julio del 2018 hasta septiembre del 2019.

Espacial: La investigación está comprendida dentro de la Provincia Constitucional del Callao, en las instalaciones de un astillero.

Temática: La investigación está centralizada en el estudio del proceso de Arenado.

1.4. Justificación e importancia

1.4.1. Justificación

Teórica:

La investigación utiliza un marco teórico sobre la técnica de arenado y herramientas de ingeniería para establecer un procedimiento específico para el correcto desarrollo del proceso de arenado, el cual permite una mejor adherencia de la pintura en el tratamiento superficial de las embarcaciones del Astillero, alargando así su vida útil.

Práctica:

La presente investigación beneficia al Astillero dentro del servicio de arenado durante el mantenimiento de embarcaciones a través de la disminución de los defectos de la materia prima, de los rechazos de calidad y de la posibilidad de ocurrencia de accidentes. Por otro lado, en consecuencia la satisfacción de los clientes aumentará al producirse un mejor resultado del proceso.

Metodológica:

Se utiliza la metodología AMEF y herramientas de mejora continua basadas en la filosofía PHVA, para desarrollar un plan de mejora con herramientas de gestión e instrumentos de recolección de datos válidos y confiables que permiten medir diferentes aspectos del proceso de arenado para poder controlarlos.

1.4.2. Importancia

La investigación aporta conocimientos en relación al proceso de Arenado como parte del tratamiento superficial de embarcaciones. Así mismo, brinda una propuesta de solución a los problemas que se producen durante el proceso, por lo que será de utilidad como marco referencial para futuras investigaciones relacionadas.

1.5. Limitaciones del estudio

Teóricas: En la búsqueda de antecedentes relacionados con el proceso de arenado y su mejora, los resultados fueron escasos o de fechas remotas, por lo que se tuvo que recurrir a estudios sobre diferentes aspectos en el arenado e investigaciones sobre la mejora de procesos por separado.

Metodológicas: No se presentaron inconvenientes al utilizar las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

De gestión: Se presentaron dificultades al momento de realizar los trámites para poder ingresar a las instalaciones del astillero. Por otro lado, hubo falta de autorización por parte de la empresa para hacer uso de su nombre.

De entorno: No se presentaron.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio de investigación

Sabaria, E. (2017) describe la importancia de un buen acabado en el arenado de estructuras metálicas para continuar con el proceso de pintado. El autor realiza un prototipo para pruebas de arenado, en el cual utiliza la técnica Taguchi para considerar las relaciones entre los parámetros del arenado, y de esta manera conocer la influencia de los mismos en el acabado superficial. A partir de los resultados concluye que los valores del diámetro de la boquilla de la tolva, el grado de malla de arena y la distancia de aplicación del arenado, influyen directamente en la rugosidad y por lo tanto son aquellos los que se deben establecer para obtener el acabado requerido. (pág. ii)

Hoyle, C. & Jave, K. (2019) describen los servicios que realiza la empresa L & S NASSI S.A.C. dentro de la industria metalmecánica, ofreciendo el servicio de arenado y pintado que presenta constantes fallas en su ejecución. Además, realizan un estudio en el cual utilizaron un análisis modal de fallos y efectos potencial para elaborar un plan de control dimensional que logrará evitar imperfecciones en el proceso de arenado y pintado antes de ser entregado al cliente. De acuerdo a los resultados concluyen que con capacitación de personal, programas de mantenimiento y un protocolo de inspecciones, se logra reducir el riesgo de ocurrencia de errores en un promedio de 36.5%. (pág. 5)

Rodriguez, O. (2018) describe como en la empresa Constructora Balta S.R.L. se presenta la falta de conocimiento por parte de los operarios de arenado y pintado sobre los riesgos a los que se encuentran expuestos y sobre los protocolos de seguridad correspondientes. Además, el rubro de mantenimiento de embarcaciones no se encuentra en el reglamento de seguridad y salud, por lo que se realiza un estudio en el cual utiliza la observación directa de los procesos y del área de trabajo, así como entrevistas para recolectar información que le permita determinar cómo disminuir los riesgos de accidentes o enfermedades ocupacionales. A partir de los resultados concluye que integrar el proceso al reglamento, junto a la aplicación del IPER, un programa de capacitaciones y sensibilización, y el uso de EPPs, permite reducir el riesgo laboral. (pág. ix)

Paredes, M. & Reynoso, N. (2016) describen las principales causas de las no conformidades en el proceso de envasado de leche UHT en bolsa, luego de utilizar el diagrama de Ishikawa y análisis de Pareto. Además, emplean la metodología AMFE (Análisis modal de fallos y efectos) en el que a partir de la información previamente obtenida calculan el índice de prioridad que demostró los cinco principales modos de fallo como el inadecuado diseño del puesto de trabajo, falta de difusión de las buenas prácticas de manufactura, entre otras. En base a los resultados concluyen que el plan de mejora debe incluir mejorar el diseño del trabajo durante el embalaje, la difusión y seguimiento al control de BPM, difusión de check list de preparación de equipo, un plan de control estadístico de proceso y la adaptación de un freno mecánico a la faja transportadora. (pág. 6)

Herrera, M. (2017) describe cómo se generan pérdidas de tiempo y de materia prima por un gran número de fallas durante el proceso de inyección en la producción de plásticos. Además, realiza un análisis en el cual utiliza PHVA para identificar que la aplicación de 5S, tarjetas Kanban y poka yoke, con el apoyo de documentos de seguimiento, control e inspección de calidad, permiten mejorar el proceso al optimizar los recursos y reducir los incidentes, fallas y defectos. En base a los resultados concluye que un plan de capacitación es necesario para el desarrollo de la propuesta para que los empleados conozcan y aprendan a utilizar las herramientas, además de involucrarse en la mejora continua de su labor. (pág. 12)

Alayo, R. & Becerra, A. (2014) describen que se busca contribuir a la empresa Agroindustrias Kaizen mediante el aumento de la rentabilidad, la mejora de los procesos operaciones y de apoyo. Además, toman en cuenta la seguridad y salud en el trabajo, por lo que utilizan como herramientas el balanced scorecard, casas de calidad, metodología 5S, identificación de peligros y evaluación de riesgos, análisis de modo de falla y efectos, entre otros, para desarrollar un plan de mejora. En base a los resultados, concluyen que se obtuvieron mejoras en los indicadores de efectividad de 34.8% a 70%, el clima laboral aumentó en 20%, se disminuyeron las horas hombre en mantenimiento correctivo de 85.5% a 23.66%, entre otros. (pág. iv)

2.2. Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio

2.2.1. Plan de mejora

El conjunto de acciones programadas para conseguir un incremento en la calidad y el rendimiento de los resultados de una organización.

El plan de mejora no se centra en los problemas esporádicos de una organización. En su lugar, se dirige hacia los problemas crónicos. Son estos los responsables de un insuficiente rendimiento que se manifiesta en un nivel estable de resultados, aunque insatisfactorio.

A su vez, los planes de mejora pueden ser proactivos. Es decir, dirigirse a mejorar un área de gestión, un servicio o un proceso. En todo caso, su planificación y desarrollo requiere de acciones determinadas, de forma que aseguren el éxito.

Tanto en el caso de responder a una carencia o dificultad, como de tener un carácter proactivo, el desarrollo de los planes de mejora se estructura en las fases siguientes:

- Comprender el problema: Analizando los datos existentes, aplicando métodos estadísticos e identificando los aspectos clave del problema o del objetivo a conseguir.
- Establecer objetivos: De forma que sean ambiciosos pero realizables, en consonancia con los objetivos y estrategia de la organización. En cualquier caso, los objetivos han de ser definidos de forma precisa. De manera que no haya duda sobre qué se quiere conseguir.
- Analizar los factores relevantes: Aquellos que inciden en el problema y, en su caso, las variables a considerar para obtener resultados. Para ello aplicamos un conjunto de métodos y herramientas de eficacia contrastada.
- Seleccionar las acciones de mejora: Estableciendo la prioridad para aquellas que signifiquen un mejor equilibrio entre esfuerzo e impacto.
- Implantar el plan de mejora: Definiendo las acciones necesarias y los responsables de llevarlas a cabo.
- Evaluar los resultados de las mejoras: Para ello es necesario establecer un conjunto de indicadores que permitan conocer el grado de avance con relación a los objetivos.

- Asegurar la permanencia de los resultados del Plan: Diseñando y estableciendo los mecanismos que permitan normalizar los cambios y asegurar la mejora de los resultados, producto del plan de mejora, en el futuro. (Aiteco Consultores, 2019, pág. 1)

2.2.2. Mejora continua (Kaizen)

La mejora continua Kaizen se compone de las palabras Cambio y Bueno, las cuales se unen en el significado de Mejoramiento, como se muestra en la figura 9. Esta se define como:

Una filosofía japonesa que abarca todas las actividades del negocio, se le conceptualiza también como una estrategia de mejoramiento permanente; puede ser considerada como la llave del éxito competitivo japonés. La mayoría puede referirse a los costos, el cumplimiento de las entregas, la seguridad y la salud ocupacional, el desarrollo de trabajadores, los proveedores, los productos, etcétera.

La mejora continua se fundamenta en el perfeccionamiento constante del diseño original, a cargo de todos los empleados de la empresa, con especial énfasis en los operarios de producción, y no requiere grandes inversiones. Afecta al producto y a los procesos que permiten su obtención, incluyendo los procesos de gestión. Promueve la colaboración del personal y hace posible su crecimiento en motivación y en “saber hacer” colectivo. (Bonilla, E., Díaz, B., Kleeberg, F., & Noriega, M. 2012, pág. 37)

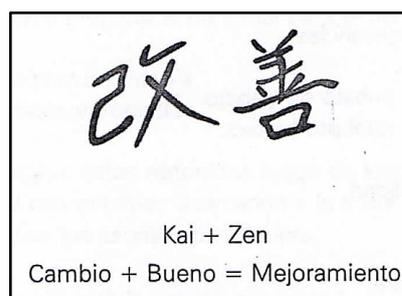


Figura 9. Concepto de mejoramiento en japonés

Fuente: Libro Mejora continua de los procesos. Año 2012.

Entre las características del proceso del Kaizen se encuentran:

- Motiva la participación de los trabajadores en la solución de los problemas.
- Fortalece el trabajo en equipo y eleva el nivel de inteligencia emocional de la organización.
- Promueve el pensamiento orientado al proceso, ya que al mejorar los procesos se mejoran los resultados.
- No requiere necesariamente de técnicas sofisticadas o tecnologías avanzadas, solo se necesitan técnicas sencillas, como las siete herramientas del control de calidad.
- La resolución de problemas enfoca la causa-raíz.
- Busca elevar la calidad y productividad de los procesos, y su principal motivación es la satisfacción de los clientes. (Bonilla, E., Díaz, B., Kleeberg, F., & Noriega, M. 2012, págs. 38-39)

2.2.2.1. El ciclo PHVA

Las etapas genéricas del proceso de mejora continua se basan en el Ciclo PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) creado por Stewart y dado a conocer por Deming a la alta dirección japonesa en la década de 1950. Las principales actividades de mejora comprendidas en cada ciclo son:

- Planificar
 - Designar y capacitar al personal involucrado
 - Revisar los procesos y medir los resultados
 - Determinar las necesidades de los clientes
 - Relacionar el desempeño de procesos y las necesidades de los clientes
 - Determinar las oportunidades de mejora
 - Establecer las metas
 - Proponer el plan y preparar al personal para el despliegue
- Hacer
 - Implementar el plan de mejora
 - Recopilar los datos apropiados

- Verificar
 - Medir y analizar los datos obtenidos luego de implantar los cambios
 - Comprender si nos estamos acercando a la meta establecida
 - Revisar y resolver los asuntos pendientes
- Actuar
 - Incorporar formalmente la mejora al proceso
 - Estandarizar y comunicar la mejora a todos los integrantes de la empresa
 - Estar atentos a las nuevas oportunidades de mejora

El proceso de la mejora continua se caracteriza por aplicar una metodología sistemática, basada en el uso de herramientas estadísticas y gráficas, como diagramas de flujo, histograma, gráficas de control, diagrama causa efecto, diagrama de Pareto, diagramas de flechas, entre otras, lo cual proporciona objetividad en el análisis y la toma de decisión sobre un problema en particular. (Bonilla, E., Díaz, B., Kleeberg, F., & Noriega, M. pág. 39)

Bonilla, E., Díaz, B., Kleeberg, F., & Noriega, M. (2012) señalan que las actividades del ciclo original PHVA de mejora continua se han desagregado para formar la metodología de mejoramiento de los siete pasos (Ver figura 10).

Iniciando con la selección del problema (1), este debe identificarse como un problema principal o una oportunidad de mejora que está alineada a los objetivos de la empresa y que permita lograr un gran impacto a nivel de satisfacción del cliente, reducción de costos o tiempos, mejora de la seguridad, entre otros. El proceso deberá describirse tomando en cuenta las entradas y salidas del mismo, así como los recursos y actividades que le corresponden.

Comprender el problema y decidir la meta (2) es necesario a nivel económico, social, técnico o ambiental. Para ello es recomendable desagregar el problema para realizar un análisis más específico que permita también identificar los factores asociados al problema y las variables representativas para poder controlarlo y observar su variación.

Elaborar el cronograma de desarrollo del proyecto (3) implica desarrollar una lista de actividades, con su respectiva duración y responsables, que inicia desde la recopilación de datos e incluye el planteamiento de soluciones, la selección de

alternativas, la implementación y verificación de resultados, y estandarizar la propuesta de solución.

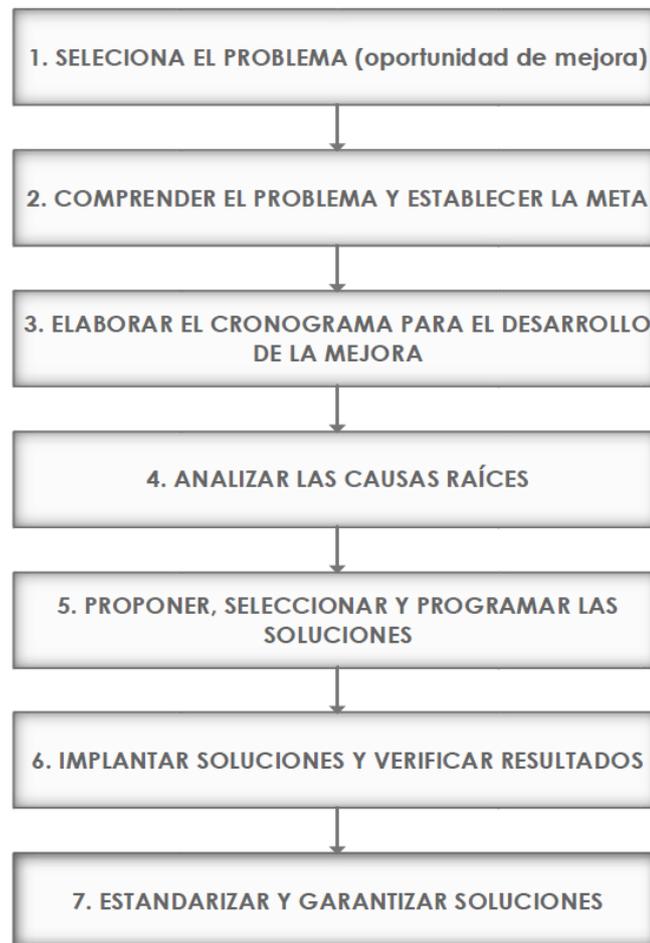


Figura 10. El ciclo de mejoramiento de los siete pasos

Fuente: Libro Mejora continua de los procesos. Año 2012.

Al analizar las causas del problema (4) primero se efectúa una lluvia de ideas que luego de ser seleccionadas se pueden clasificar y presentar en un diagrama de causa-efecto, como el de Ishikawa, para poder identificar las causas raíz. Una vez identificadas las causas se analiza su criticidad en base a la frecuencia de ocurrencia y el grado de impacto sobre el problema para poder desarrollar el diagrama de Pareto que permite visualizar la importancia de cada una de las causas. De esta manera se obtiene una orientación para plantear diferentes soluciones.

Proponer, seleccionar y programar las soluciones (5) puede darse dando solución a cada causa raíz o empleando una solución integrada. Las propuestas deben estar enfocadas de manera económica, técnica y social, de tal manera que generen un

alto impacto sobre las causas y los criterios para la selección pueden ser según la inversión, el beneficio/costo, factibilidad, entre otros. Por último, la programación define un cronograma con la lista de actividades a realizar, los recursos que se necesitan y los responsables, tomando en cuenta los riesgos que se puedan presentar.

Implementar y verificar resultados (6) significa ejecutar el programa elaborado para medir los resultados y compararlos con la meta establecida. De manera periódica se debe realizar un contraste entre el avance y los tiempos programados, y así mismo hacer seguimiento a las variables.

Una vez que se verifica que la solución se adapta al objetivo, se procede a normalizar y establecer un control (7) para que se mantengan los cambios y se puedan compartir con otras áreas o procesos relacionados. Esto puede llevarse a cabo a través del establecimiento de políticas, documentación, capacitaciones, técnicas o herramientas de control. (pág. 154-173)

2.2.3. Diagrama de causa-efecto o Ishikawa

Es una descripción de las causas de un problema, que se conjugan en la forma de una espina de pescado, y que les sirve a los equipos de mejora para analizar y discutir los problemas. Las principales causas de los problemas en las organizaciones se agrupan generalmente en seis aspectos: medio ambiente, medios de control, maquinaria, mano de obra, materiales y métodos de trabajo. (Ver figura 11).

Es utilizado para analizar la relación causa-efecto, comunicarla y facilitar la solución de problemas, desde el síntoma, la causa y la solución.

El diagrama se llena con la información recopilada de una sesión de “lluvia de ideas”, de un problema de la empresa y posteriormente se buscan datos que permitan comprobar si esa gráfica inicial es correcta. Sobre la base de la información recogida (gráficas de Pareto, etcétera) y de otra lluvia de ideas, se puede llegar a la reelaboración del diagrama hasta que se diagnostique el problema, es decir, hasta que se sepa cuáles son sus causas raíz. Este es, naturalmente, el primer paso para resolverlo. (Bonilla, E., Díaz, B., Kleeberg, F., & Noriega, M. 2012, pág. 66)

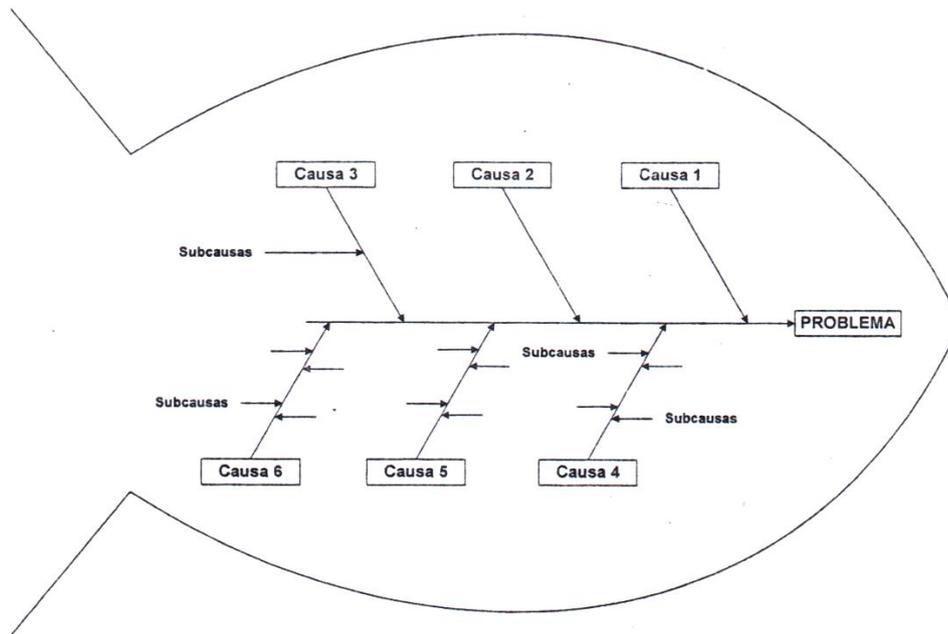


Figura 11. Diagrama de causa-efecto

Fuente: Libro Mejora continua de los procesos. Año 2012.

2.2.4. Curva de Pareto

Es un diagrama que se utiliza para determinar el impacto, la influencia o el efecto que tienen determinados elementos sobre un aspecto. A menudo se encuentra que gran parte del volumen de ventas de una empresa es realizada a través de muy pocas líneas de sus productos, o que la mayoría de sus defectos encontrados en un producto se deben a unas pocas causas identificadas; lo anterior se debe al concepto de “pocos vitales” contra los “muchos triviales”, introducido por el economista italiano Wilfrido Pareto.

El diagrama permite clasificar los elementos (problemas o defectos) en función de su impacto en la organización. (Ver figura 12).

La clase A contiene cerca del 20% de los elementos y el 80% del impacto. En el otro extremo, la clase C contiene el 50% de elementos y solo un 5% de impacto. Con la clase intermedia se encuentran el 30% de los elementos y el 15% de impacto. (Bonilla, E., Díaz, B., Kleeberg, F., & Noriega, M.2012, pág. 67)

Para un equipo de mejora es preferible dirigir sus esfuerzos en aquellos elementos que se encuentran en la clase A, para reducir los problemas o efectos más significativos o importantes para la organización.

Se puede utilizar esta gráfica con los fines siguientes:

- Saber qué elementos son prioritarios y dirigir hacia estos nuestros esfuerzos.
- Planear una mejora continua a la causa raíz de un problema.
- Las gráficas de Pareto son especialmente valiosas como fotos de “antes y después”, para demostrar qué progreso se ha logrado. Como tal, la gráfica es una herramienta de análisis sencilla pero poderosa.

Se deben utilizar los pasos siguientes:

- Registrar los elementos (problemas o defectos) de una organización
- Ordenar los elementos cuantificados de mayor a menor
- Totalizar los datos
- Calcular el porcentaje de cada elemento en función al total
- Clasificar los puntos sobre un eje de coordenadas, donde:
(X) % acumulado de elementos
(Y) % acumulado del impacto del elemento
- Trazar la curva
- Dividir la curva en tres zonas (A, B y C)
- Analizar el comportamiento de la curva y seleccionar los elementos de la zona A. (Bonilla, E., Díaz, B., Kleeberg, F., & Noriega, M. 2012, pág. 68)

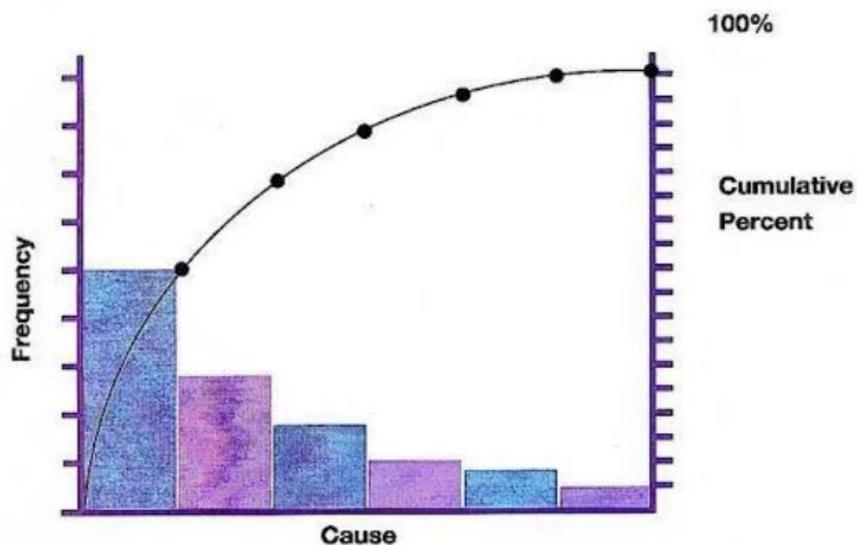


Figura 12. Diagrama de Pareto

Fuente: Web Aprende y Piensa. Año 2012.

2.2.5. Metodología de los 5 por qué

Los 5 por qué, es una técnica sistemática de preguntas utilizada durante la fase de análisis de problemas para buscar posibles causas principales de un problema. Durante esta fase, los miembros del equipo pueden sentir que tienen suficientes respuestas a sus preguntas. Esto podría resultar en una falla al identificar las causas principales más probables del problema, debido a que el equipo ha fallado en buscar con suficiente profundidad. La técnica requiere que el equipo pregunte “Por Qué” al menos cinco veces, o trabaje a través de cinco niveles de detalle. Una vez que sea difícil para el equipo responder al “Por Qué”, la causa más probable habrá sido identificada.

¿Cómo se utiliza?

1. Realizar una sesión de lluvia de ideas (normalmente utilizando el modelo del diagrama de causa/efecto)
2. Una vez que las causas probables hayan sido identificadas, empezar a preguntar “¿Por qué es así?” o “¿Por qué está pasando esto?”.
3. Continuar preguntando “Por Qué” al menos cinco veces. Esto reta al equipo a buscar a fondo y no conformarse con causas ya “probadas y ciertas”.
4. Habrá ocasiones en las que se podrá ir más allá de las cinco veces preguntando Por Qué, para poder obtener las causas principales.
5. Durante este tiempo se debe tener cuidado de NO empezar a preguntar “Quién”. Se debe recordar que el equipo está interesado en el Proceso y no en las personas involucradas. (Sociedad Latinoamericana para la Calidad, 2000)

2.2.6. Metodología AMEF

El Análisis del Modo y Efecto de Fallas, también conocido como AMEF o FMEA por sus siglas en inglés (Failure Mode Effect Analysis), nació en Estados Unidos a finales de la década del 40. Esta metodología desarrollada por la NASA, se creó con el propósito de evaluar la confiabilidad de los equipos, en la medida en que determina los efectos de las fallas de los mismos.

El Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF), es un procedimiento que permite identificar fallas en productos, procesos y sistemas, así como evaluar y clasificar de manera objetiva sus efectos, causas y elementos de identificación, para de esta forma, evitar su ocurrencia y tener un método documentado de prevención.

Una de las ventajas potenciales del AMEF, es que esta herramienta es un documento dinámico, en el cual se puede recopilar y clasificar mucha información acerca de los productos, procesos y el sistema en general. La información es un capital invaluable de las organizaciones. (Salazar, B. 2016)

¿Que se logra al implementar AMEF?

- Identifica fallas o defectos antes de que estos ocurran (principal función).
- Reducir los costos de garantías.
- Incrementar la confiabilidad de los productos/servicios (reduce los tiempos de desperdicios y re-trabajos).
- Acorta el tiempo de desarrollo de nuevos productos o procesos.
- Documenta los conocimientos sobre los procesos.
- Incrementa la satisfacción del cliente.
- Mantiene el Know-How en la compañía.

¿Cuándo iniciar un AMEF?

- Cuando productos existentes, servicios, o procesos son usados en formas nuevas o nuevos ambientes
- Cuando un producto o servicio nuevo está siendo diseñado
- Cuando un proceso es creado, mejorado o re-diseñado
- Cuando el proceso es muy complejo
- En el paso de Mejorar del DMAIC
- Al solucionar un problema (Lean Solutions, 2019)

La figura 13 muestra los tipos de AMEF, el cual puede ser aplicado a un sistema, diseño o proceso.



Figura 13. Tipos de Análisis del Modo y Efectos de Fallas

Fuente: Lean Solutions

2.2.6.1. Procedimiento para realizar un AMEF

Lean Solutions (2019) describe en 14 pasos cómo desarrollar el formato del Análisis del Modo y Efectos de Fallas, esquematizado en la figura 14.

Proceso o producto:		1 Lámpara de mesa 110 v				Equipo:					
Fecha:											
AMEF No.:											
AMEF											
2	3	4	5	6	6						
Parte a analizar	Descripción	Modo potencial de falla	Efecto potencial de la falla	Severidad	Causa potencial de falla						
1		Quemado	La lámpara no ilumina	10	Bombillo de mala calidad						
2	Bombillo 100 W	Iluminación insuficiente	Iluminación insuficiente en el área	8	Se asignó un bombillo de menor potencia						
3	Transformar energía eléctrica en lumínica para iluminar el área					El bombillo no cumple con las especificaciones del Diseño					
Evaluación de mejora											
7	8	9	10	11	13	14					
Ocurrencia	Controles actuales de prevención	Controles actuales de detección	Detección	NPR	Acciones recomendadas	Responsable / fecha	Acción tomada	Severidad	Ocurrencia	Detección	RPN
5	No hay	No hay aprobación, hay un punto de revisión de la potencia del bombillo	10	500	Seleccionar un proveedor certificado	Jairo Martínez / feb 12	Se tomó la acción recomendada	10	1	1	10
5	No hay		2	80	Seleccionar un proveedor certificado	Jairo Martínez / feb 12	Se tomó la acción recomendada	8	2	1	16
8	No hay	No hay	4	256	Seleccionar un proveedor certificado	Ana Quiroga / Feb 25	Se tomó la acción recomendada	8	1	1	8

Figura 14. Procedimiento para realizar un AMEF

Fuente: Lean Solutions

1. Determinar el producto o proceso a analizar.
2. Listar los pasos del proceso o las partes del sistema a analizar.
3. Describir la función del paso o el componente.
4. Determinar los posibles modos de falla de cada paso o componente.
5. Listar los efectos de cada potencial modo de falla.
6. Asignar el grado de Severidad de cada efecto. Para estimar el grado de severidad, se debe de tomar en cuenta el efecto de la falla en el cliente. Se utiliza una escala del 1 al 10 mostrada en la tabla 11: el 1 indica una consecuencia sin efecto y el 10 indica una consecuencia grave.
7. Asignar el grado de Ocurrencia de cada modo de falla. Ocurrencia a la probabilidad de que la falla ocurra, según la tabla 12.
8. Describir si hay controles actuales de prevención.
9. Describir si hay controles actuales de detección.
10. Asignar el grado de Detección de cada modo de falla. Detección es la probabilidad de que la falla sea detectada antes de que llegue al cliente y se valoriza según la tabla 13.
11. Calcular el NPR (Número Prioritario de Riesgo) de cada efecto.

Es el valor que establece una jerarquización de los problemas a través de la multiplicación del grado de ocurrencia, severidad y detección, éste provee la prioridad con la que debe de atacarse cada modo de falla identificado.

$NPR = Ocurrencia * Severidad * Detección$

500 – 1000	Alto riesgo de falla
125 – 499	Riesgo de falla medio
1 – 124	Riesgo de falla bajo
0	No existe riesgo de falla

12. Priorizar los modos de falla con el NPR de mayor a menor.
13. Tomar acciones (acciones recomendadas) para eliminar o reducir el riesgo del modo de falla. En este paso debe establecerse un plan de acción para mitigar el riesgo.
14. Calcular el nuevo NPR de acuerdo a las acciones recomendadas.

Tabla 11. Tabla cuantitativa para selección de Severidad

Calificación		Criterio	
Cuantitativa	Cualitativa	Efecto en el cliente	Efecto en el proceso
1	Ninguno	Sin efecto perceptible.	Ligero inconveniente para la operación u operador.
2	Muy menor	No se cumple con el ajuste, acabados o presenta ruidos. Defecto notado por clientes críticos (25%).	Una parte del producto puede tener que ser reprocesado. Sin desechos.
3	Menor	No se cumple con el ajuste, acabados o presenta ruidos. Defecto notado por el 50% de los clientes.	Una parte del producto puede tener que se reprocesado. Sin desechos.
4	Muy bajo	No se cumple con el ajuste, acabados o presenta ruidos. Defecto notado por el 75% de los clientes.	El producto deber ser seleccionado y una parte reprocesada. Sin desechos.
5	Bajo	Producto con especificaciones de calidad o niveles de desempeño bajos. Operable o usable.	El 100% del producto debe ser reprocesado o reparado fuera de línea.
6	Moderado	Producto operable o usable pero el cliente estará insatisfecho.	Una parte del producto puede tener que ser desechado sin selección o reparado con un tiempo y costo alto.
7	Alto	Producto operable o usable pero el cliente estará muy insatisfecho.	El producto tiene que ser seleccionado y una parte reparada con un tiempo y costo alto.
8	Muy alto	El producto es inoperable o inusable.	El 100% del producto debe ser desechado o puede ser reparado a un costo inviable.
9 - 10	Peligroso	El modo potencial afecta la operación segura del producto y/o involucra un no cumplimiento con alguna regulación gubernamental.	Puede exponer al peligro al operador o al equipo.

Fuente: Bryan Salazar, Ingeniería Industrial Online. Año 2019.

Tabla 12. Tabla cuantitativa para selección de Ocurrencia

Calificación		Criterio	
Cuantitativa	Probabilidad	Índice de fallas (tanto por piezas)	Cpk
1	Remota: Falla improbable	< 0,01 por 1000 piezas	> 1,67
2	Baja: Pocas fallas	0,1 por 1000 piezas	> 1,30
3		0,5 por 1000 piezas	> 1,20
4	Moderada: Fallas ocasionales	1 por 1000 piezas	> 1,10
5		2 por 1000 piezas	> 1,00
6		5 por 1000 piezas	> 0,94
7	Alta: Fallas frecuentes	10 por 1000 piezas	> 0,86
8		20 por 1000 piezas	> 0,78
9	Muy alta: Fallas persistentes	50 por 1000 piezas	> 0,55
10		> 100 por 1000 piezas	< 0,55

Fuente: Bryan Salazar, Ingeniería Industrial Online. Año 2019.

Tabla 13. Tabla cuantitativa para selección de Detección

CALIFICACIÓN		Tipos de Inspección		
Cuantitativa	Criterio	A	B	C
1	Controles seguros para detectar: El ítem ha pasado a prueba de errores. Es casi improbable el hecho de realizar partes no conformes.	X		
2	Controles casi seguros para detectar: El ítem ha pasado por medición automática. No puede pasar la parte no conforme.	X	X	
3	Controles con buena oportunidad de detectar: Detección inmediata del error en la estación o en la estación siguiente. No pasa la unidad no conforme.	X	X	
4	Controles con buena oportunidad de detectar: Detección del error en la estación siguiente. No pasa la unidad no conforme.	X	X	
5	Controles que pueden detectar: Mediciones "pasa" o "no pasa" realizado en el 100% de las partes después de dejar la estación.		X	
6	Controles que pueden detectar: Control en menos del 100% de las partes; puede estar apoyado en métodos estadísticos.		X	X
7	Controles con poca oportunidad de detectar: Control logrado con doble inspección visual.			X
8	Controles con poca oportunidad de detectar: Control efectuado con una inspección visual.			X
9	Controles que probablemente no detectarán: Control logrado con verificaciones indirectas o al azar.			X
10	Certeza absoluta de no detección: No se controla, no se detecta.			

A= Prueba de error.

B= Medición automatizada.

C= Inspección visual/manual.

Fuente: Bryan Salazar, Ingeniería Industrial Online. Año 2019.

2.2.7. Proceso de arenado

Los estándares más utilizados para superficies de acero son los de la SSPC (Steel Structure Painting Council, Pittsburgh USA). Estos incluyen estándares para los métodos más comunes de limpieza respecto al Arenado.

El taller de Tratamiento de Superficies X90 en la empresa utiliza estos estándares para la ejecución de las distintas actividades que constituyen el tratamiento de arenado de una superficie metálica:

SSPC-SP-5 (Arenado al metal blanco):

Este tipo de limpieza, utiliza cualquier tipo de abrasivo proyectado a presión para limpiar la superficie, a través de este método, se elimina toda la escama de laminación, óxido, pintura y cualquier material incrustante. Es utilizada donde las condiciones son extremadamente severas, con contaminantes ácidos, sales en solución, entre otros. (CYM Materiales, 2015, pág. 3)

SSPC-SP-6 (Arenado Comercial):

Este tipo de limpieza, utiliza algún tipo de abrasivo a presión para limpiar la superficie, a través de este método, se elimina toda la escama de laminación, óxido, pintura y cualquier material incrustante. La superficie debe verse libre de aceite, grasa, polvo, óxido y los restos de capa de laminación no deben superar al 33% de la superficie en cada pulgada cuadrada de la misma. Los restos deben verse sólo como de distinta coloración. Generalmente se lo especifica en aquellas zonas muy poco solicitadas sin ambientes corrosivos. (CYM Materiales, 2015, pág. 4)

SSPC-SP-7 (Arenado rápido):

Este tipo de limpieza, utiliza algún tipo de abrasivo a presión para limpiar la superficie, a través de este método, se elimina cáscara de laminación, óxido, pintura y cualquier material incrustante. La superficie debe verse libre de aceite, grasa, polvo, capa suelta de laminación, óxido suelto y capas de pintura desprendidas. Conserva la capa de laminación donde está firmemente adherida. Estas partes no deben desprenderse mediante un objeto punzante. Es utilizado sólo en los casos de condiciones muy poco severas y presentará áreas de probables fallas. (CYM Materiales, 2015, pág. 4)

SSPC-SP-10 (Arenado Semi-Blanco):

Este tipo de limpieza, utiliza algún tipo de abrasivo a presión para limpiar la superficie, a través de este método, se elimina toda la escama de laminación, óxido, pintura y cualquier material incrustante. Se admite hasta un 5% de restos de contaminantes que pueden aparecer sólo como distinta coloración en cada pulgada cuadrada de la superficie. (CYM Materiales, 2015, pág. 5)

Para el desarrollo del proceso de arenado de superficies metálicas, el jefe de proyecto remite al Taller encargado la orden de trabajo y el cronograma de trabajos. Seguidamente, el jefe del Taller se encarga de realizar el formato de Preparación de Superficie y programar las actividades del tratamiento de superficie de acuerdo a lo planificado en el cronograma remitido por el Jefe de Proyecto. Ver Anexo 2.

De acuerdo a lo planificado se procede a llevar los materiales y equipos de arenado a la zona en la cual se ejecutará el trabajo de arenado. El supervisor del taller coordina con los ingenieros el tipo de arenado que se requiere de acuerdo a los solicitado por el cliente. Posteriormente, el supervisor con apoyo de la grúa coordina la colocación de los andamios y caballetes de manera que permita trabajar a los operarios de manera segura. Asimismo, se colocan mantas alrededor de la embarcación para evitar las poluciones de arena hacia el medio ambiente. Después se verifica y regula los manómetros según lo requerido por tipo de arenado. Luego, el supervisor del taller suministra material abrasivo (escoria de cobre) para la aplicación del arenado. En coordinación con el taller se suministrará aire a presión a indicaciones del maestro arenador. Se debe mantener una holgura de la manguera sobre el andamio para facilitar la operación. Es importante saber que la distancia entre la boquilla, superficie y la presión requerida se indican en las especificaciones técnicas. Finalmente, la inspección de arenado será realizada por el Supervisor del Taller y por la unidad de Seguimiento y Verificación de la Producción. Luego de terminar con el arenado se procede a retirar las mantas para efectuar el rectificado y continuar con el pintado de casco obra viva y obra muerta.

Se ejecuta el tratamiento de superficies de acuerdo a las especificaciones técnicas y tipo de arenado indicadas en la tabla 14.

Tabla 14. Especificaciones técnicas del proceso de arenado

Especificación	Tipo de Arenado		
	SP6 Chorro Abrasivo Comercial	SP10 Metal Casi Blanco	SP5 Chorro Abrasivo Metal Blanco
Distancia entre la boquilla y la superficie	18 pulgadas	14 pulgadas	12 pulgadas
Presión utilizada	80 - 100 PSI		
Ángulo de ataque	45° a 90°		

Fuente: Astillero. Dpto. Control de Calidad. Año 2018

2.2.7.1. Parámetros que afectan la productividad

Factores tales como la condición de acero inicial, especifican qué grado de la limpieza y asequibilidad son específicos al trabajo en particular. Los once parámetros controlables que afectan la productividad de la limpieza con chorro abrasivo son:

- a) **Tamaño de las partículas:** La tasa de limpieza aumenta dramáticamente a medida que el tamaño de la partícula de abrasivo disminuye. El mayor tamaño de partícula abrasiva podría ser necesario para remover recubrimientos pesados y escamas. La regla general es usar el abrasivo más pequeño que haga el trabajo.
- b) **Dureza:** En general, mientras más duro el abrasivo, mejor funcionara. Sin embargo, abrasivos muy duros se hacen añicos al impacto gastando la mayor parte de su energía en la falla de las partículas y la generación de polvo. Al seleccionar el tamaño de abrasivo, la regla general es seleccionar la dureza del abrasivo mínima que haga el trabajo eficazmente.
- c) **Silueta:** Las partículas redondeadas son más eficaces en remover cubiertas frágiles como las escamas de laminación, mientras que partículas angulares o irregulares son más eficaces para remover cubiertas más suaves como el óxido y pintura.
- d) **Peso específico:** A mayor peso específico, mayor energía transferirá una partícula abrasiva a la superficie con el impacto, aumentando así la productividad. En

- general, un peso específico más alto implica una densidad en grandes cantidades más alta. La escoria de cobre que se utiliza, tiene un peso específico de 1.7 gr/cm³.
- e) Presión de la boquilla (aire): A mayor presión de boquilla más productiva la operación de chorreo. Por ejemplo, para cada aumento de 1 psi hay un aumento de 1.5% en la productividad. La mayor parte del equipo para abrasivo seco tiene un límite superior práctico de 150 psi.
 - f) Tipo de boquilla: Es importante elegir la boquilla correcta para el trabajo. Por ejemplo, las boquillas rectas dan áreas pequeñas a comparación de un modelo de chorro ajustado que es mejor para la limpieza con chorro. Las boquillas de pozo artesano o Venturi crean un amplio dibujo de chorro y son mejor para la limpieza de vías de área grande por la que ese tipo de boquilla incrementan la velocidad de salida en un 100% y son 35% más eficientes comparado con las boquillas rectas del mismo diámetro.
 - g) Distancia de la boquilla a la superficie: Para una tasa de limpieza óptima la distancia de la boquilla a la superficie es más o menos 46 cm. Sin embargo, esta distancia puede variar dependiendo del tipo de contaminación de la superficie que se esté retirando, la presión de boquilla, tipo de abrasivo y el tipo de boquilla.
 - h) Ángulo de impacto: Un ángulo de 80 a 90 grados es el más adecuado para retirar escamas de laminación u óxido pesado y para limpiar áreas picadas, un ángulo de 45 a 60 grados es mejor para juntar estratos pesados de pintura u óxido, y un ángulo de 60 a 70 grados es recomendado para limpieza general. La técnica del operario en el manejo de la boquilla condiciona el ángulo de impacto en cualquiera instante.
 - i) Medición del abrasivo: Cada tipo de abrasivo tiene una diferente tasa de circulación óptima a través de la válvula medidora. Antes de empezar cualquier trabajo de limpieza con chorro, es importante llevar a cabo un chorreado de prueba con la válvula puesta en flujo de circulación abrasivo reducido, moderado y alto para encontrar el flujo de la circulación óptimo para cada abrasivo.
 - j) Limpieza del abrasivo: Un abrasivo limpio, seco y libre de polvo es esencial para una óptima productividad. Siempre se debe verificar el abrasivo antes de empezar un trabajo y con regularidad de allí en adelante para evitar el material extraño, la humedad y el polvo.

- k) Incrustación: Variedad de productos abrasivos, particularmente los no metálicos, tienden a incrustarse en la superficie limpiada. Es recomendable efectuar pruebas con el abrasivo y evaluar la superficie para asegurarse de que la cantidad de incrustación no exceda los requisitos especificados del trabajo. (Drisko, R. & Palmer, F. 2005, págs. 38-39)

2.2.8. Máquina de chorreado

También llamada tolva de arenado, contiene el abrasivo. Una válvula que se encuentra en el fondo del recipiente controla la cantidad de abrasivo que ingresa a la manguera.

Las principales partes de una máquina de chorreado típica, alimentada por gravedad son:

- Separador de humedad
- Válvula de escape
- Cabezal de llenado
- Válvula medidora
- Conexión o empalme de la manguera al tanque

La manguera del abrasivo que lleva el aire con el abrasivo desde la máquina de chorreado hasta la boquilla de aplicación debe ser robusta, flexible y tratada para evitar choques eléctricos. Una manguera típica de tres capas, con un diámetro interno de unos 32 mm. se vende en secciones acoplables para minimizar la pérdida por fricción y siempre trae una capa externa conductora de electricidad estática.

Las boquillas están disponibles en diferentes longitudes, diseños, tamaños de boca y materiales. Se usan generalmente las de entre 125 a 200 mm. Para remover el óxido y las escamas de laminación muy adheridos. La forma afilada de la boquilla Venturi es mucho más eficiente que las de forma cilíndrica. Produce un patrón más uniforme del chorro y puede llegar a incrementar las tasas de limpieza en hasta 30 o 50%. Se debe escoger el tamaño del orificio de salida de la boquilla según el volumen de aire de la máquina. (Drisko, R. & Palmer, F. 2005, págs. 12-13)

2.2.9. El análisis granulométrico

La NTP (2001) lo describe como el método para la determinación de la distribución de la distribución por tamaño de partículas del agregado fino, grueso y global por tamizado.

Una muestra de agregado seco, de masa conocida, es separada a través de una serie de tamices (Ver figura 15) que van progresivamente de una abertura mayor a una menor, para determinar la distribución del tamaño de las partículas. Este método se aplica para determinar la gradación de materiales propuestos para su uso como agregados o los que están siendo utilizados como tales. Los resultados serán utilizados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con los requisitos que exige la especificación técnica de la obra y proporcionar los datos necesarios para el control de la producción de agregados.



Figura 15. Tamices

Fuente: Elaboración propia

Un agitador mecánico impartirá un movimiento vertical o movimiento lateral al tamiz (Ver figura 16), causando que las partículas tiendan a saltar y girar presentando así diferentes orientaciones a la superficie del tamizado.

Se realizará el siguiente Procedimiento:

- a) Secar la muestra a peso (300gr aprox.) constante a una temperatura de $110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$.



Figura 16. Tamizador

Fuente: Elaboración propia

- b) Se seleccionará tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida por las especificaciones que cubran el material a ser ensayado. El tamiz cuenta con 8 mallas: 6 ASTM, 12 ASTM, 20 ASTM, 30 ASTM, 40 ASTM, 50 ASTM, 70 ASTM, 100 ASTM, y cada una de ellas

cuenta con aperturas de malla diferentes (Ver tabla 15). El uso de tamices adicionales puede ser necesario para obtener otra información, tal como módulo de fineza o para regular la cantidad de material sobre un tamiz. Encajar los tamices en orden de apertura decreciente desde la tapa hasta el fondo y colocar la muestra sobre el tamiz superior. Agitar los tamices manualmente o por medio de un aparato mecánico por un periodo suficiente, establecido por tanda o verificado por la medida de la muestra ensayada.

Tabla 15. N° de mallas ASTM para el análisis granulométrico

GRANULOMETRÍA	
N° DE MALLA ASTM	APERTURA DE MALLA (MM)
6	3.36
12	1.68
20	0.84
30	0.59
40	0.42
50	0.297
70	0.21
100	0.149
>270	0.044

Fuente: Astillero. Dpto. Control de Calidad

- c) Limita la cantidad de material sobre el tamiz utilizado de tal manera que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar la abertura del tamiz un número de veces durante la operación del tamizado.
- d) Prevenir una sobrecarga de material sobre un tamiz individual. (pág. 6-7)

2.2.10. Seguridad en el proceso de arenado

Para realizar el proceso de arenado existen normas de seguridad y EPPs diseñados especialmente para la actividad. Se deben seguir una serie de recomendaciones para que la operación se dé bajo condiciones seguras, además de asegurar el correcto mantenimiento de los equipos y la capacitación del personal.

Las tolvas para arenado deben estar construidas para soportar un trato de obra en terreno difícil. Aun así se debe tener precaución en su movimiento pues es básicamente un aparato sometido a presión y una caída o golpe en la descarga,

desde el camión de transporte, puede provocar daños irreparables y peligrosas fallas durante su presurización.

Los tanques de presión no deben ser golpeados, abollados, amolados, resoldados en sus componentes ni para agregar nuevas partes. Cualquier tarea de deformación o trabajo mecánico sobre el mismo anula los certificados de fabricación y testeo del mismo.

Estas tolvas de arenado deben cumplir con todos los requisitos de diseño, fabricación y testeo bajo normas ASME o ASTM, como cualquier otro tanque sometido a presión y con la reactualización de las pruebas de control en los períodos correspondientes. (Blasting, 2009, pág. 4)

Las mangueras, boquillas y acoples utilizadas en el proceso de arenado están expuestas a mayor presión y desgaste, por lo que requieren mayor control de frecuencia diaria. Cualquier daño excesivo de estos elementos e inclusive su mala instalación puede ocasionar un chorro a presión peligroso en dirección al operario.

Los operarios de arenado - granallado y el personal de ayuda de obra requieren la utilización de equipo de seguridad específico para estas tareas.

En estos trabajos de arenado - granallado los operarios están sometidos a varios riesgos potenciales. Algunos de ellos con relación directa a la tarea en sí como ser; la polución, el rebote del abrasivo y el chorro directo y otros relativos a todo trabajo en obra: ruidos excesivos, golpes, etc. Los equipos de protección a utilizar se diseñan especialmente para soportar esas exigencias. El equipo apropiado es el denominado de presión positiva clase CE aprobados en U.S.A. por OSHA (Occupational Safety and Health Administration) y controlados por NIOSH (The National Institute for Occupational Safety and Health).

El personal de apoyo que trabaja en el mismo espacio debe estar protegido de la misma manera que los operarios arenadores, el resto del personal en áreas cercanas se protegerá contra la polución no siendo necesaria la protección contra el chorro abrasivo. (Blasting, 2009, págs. 5, 6)

CYM Materiales (2016) enlista el equipo correspondiente se compone de lo siguiente:

- Caso de presión positiva clase CE
- Tubo de conducción de aire anti-ahogue con atenuador de ruido

- Cinturón con válvula de regulación
- Tramo. de manguera de alimentación entre cinto regulador y filtro de operario montado
- Filtro apto para la respiración humana con cartucho descartable, con tres etapas de filtrado y desodorizado con carbón activado; válvula limitadora y reguladora de presión.
- Guantes de protección.
- Traje de protección de cuero frontal
- Botines de seguridad (pág. 4)

La figura 17 muestra los elementos de seguridad y equipos empleados en el proceso de arenado, como el compresor de aire que permite respirar al operario, el compresor para chorrear que suministra la presión requerida hacia la tolva, entre otros.

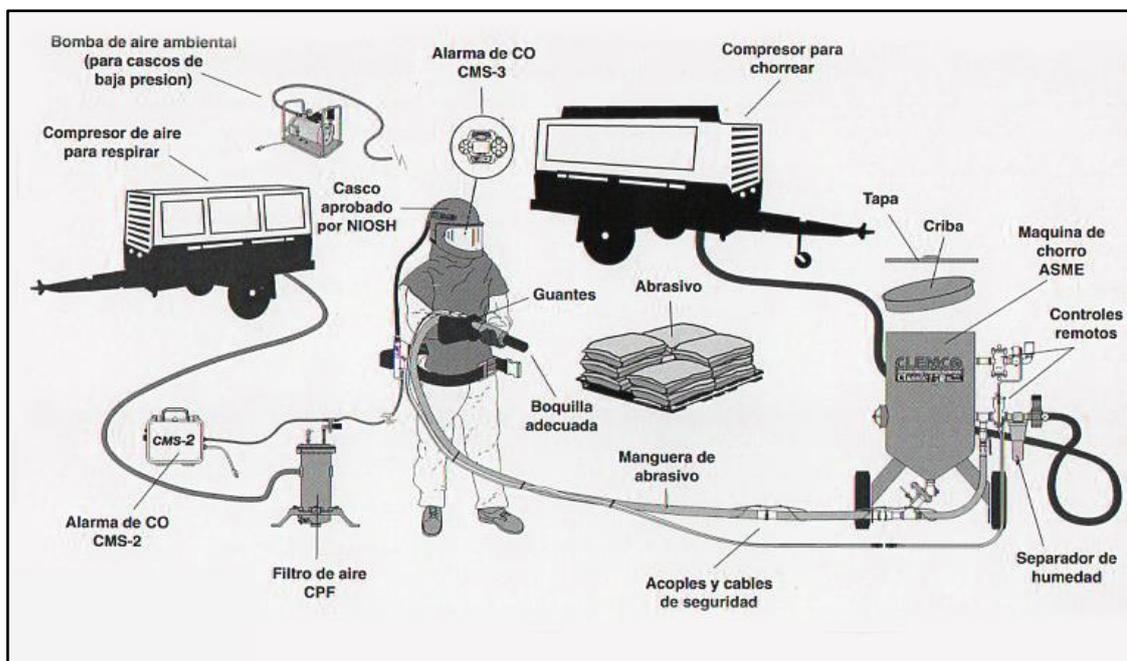


Figura 17. Equipos empleados en el proceso de arenado

Fuente: Columbec

Es importante también que durante las actividades de limpieza del área de trabajo luego del arenado, el personal este protegido y utilice equipos de vacío con filtros apropiados para evitar esparcir los residuos. Así mismo deben aspirarse los equipos de protección utilizados.

2.3. Definición de términos básicos

Astillero: “Establecimiento donde se construyen y reparan buques” (RAE, 2018).

Abrasivo: “Dicho de un producto: que sirve para desgastar o pulir, por fricción, sustancias duras como metales, vidrios, entre otros” (RAE, 2018).

Arenado: También llamado chorro de arena, es una técnica industrial de limpieza de superficies basada en la proyección de escoria de cobre conjuntamente con aire a presión.

Corrosión: “Desgaste paulatino de los cuerpos metálicos por acción de agentes externos, persista o no su forma” (RAE, 2018).

Escoria de Cobre: “Subproducto formado por impurezas contenidas en los metales o los minerales en el momento de la fusión, la soldadura y otros procesos metalúrgicos y de combustión” (CYM Materiales, 2015, pág. 2).

Dique flotante: “Dique construido con tanques que se inundan y bajan para que el buque pueda entrar en él, y que se desaguan por medio de bombas. a fin de que, al flotar, quede en seco” (RAE, 2018).

Dique seco: “Espacio situado al abrigo de un muro, en un lugar resguardado, y en el cual entran los buques para su limpieza, carena o reparación en seco, en vez que el agua ha sido extraída” (RAE, 2018).

Junta de casco: Es la reunión que se da con el jefe de proyecto, jefe de superintendencia de Marina de Guerra y el cliente, para realizar la inspección visual de la embarcación y así determinar las actividades adicionales a realizar.

Optimización: “Buscar la mejor manera de realizar una actividad” (RAE, 2018).

Proceso: “Conjunto de actividades mutuamente relacionadas que utilizan las entradas para proporcionar un resultado previsto” (ISO, 2015, pág. 15).

Sincroelevador: Es un sistema que se desarrolla como elevador de buques del astillero, hasta colocarlo al nivel de la tierra, para el mantenimiento y reparación de los mismos.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis principal

La propuesta de un plan de mejora permite optimizar el proceso de arenado de embarcaciones en un astillero.

2.4.2. Hipótesis secundarias

- a) Si se implementa un sistema de manejo y control de materia prima se reducirán los defectos de la materia prima en el proceso de arenado de embarcaciones en un astillero.
- b) Si se implementa la estandarización del proceso de arenado se reducirán los rechazos de calidad del arenado de embarcaciones en un astillero.
- c) Si se implementan los EPPs se reducirán los accidentes en el proceso de arenado de embarcaciones en un astillero.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de las variables

Variable independiente: Propuesta de un plan de mejora

- Subvariables
 - Sistema de manejo y control de materia prima
 - Estandarización del proceso de arenado
 - Implementación de EPPs

Variable dependiente: Optimizar el proceso de arenado

- Subvariables
 - Reducción de defectos de materia prima
 - Reducción de rechazos por calidad
 - Reducción de accidentes

2.5.2. Operacionalización de las variables

En la tabla 16 se detallan las tres variables independientes y las tres variables dependientes con sus respectivos indicadores, definición conceptual y operacional.

Tabla 16. Operacionalización de variables

Variables Independientes	Indicador	Variables Dependientes	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional
Sistema de manejo y control de materia prima	Sí/No	Reducción de defectos de materia prima	% Defectos de materia prima	Escoria de cobre que cumple con las especificaciones técnicas	Formato de análisis granulométrico
Estandarización del proceso de arenado	Sí/No	Reducción de rechazos por calidad	% Rechazos por calidad	Arenado que es aceptado por el inspector de calidad	Formato de liberación de arenado
Implementación de EPPs	Sí/No	Reducción de accidentes	% Accidentes	Cantidad de operarios accidentados	Check list de accidentes

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo y nivel

Tipo: Investigación aplicada

De acuerdo a Hernández (2014) la investigación científica “cumple dos propósitos fundamentales: a) producir conocimiento y teorías (investigación básica) y b) resolver problemas (investigación aplicada)” (pág. 24).

El presente estudio utilizó metodologías y conocimientos existentes sobre un Plan de Mejora, los cuales fueron aplicados en el Astillero para optimizar el proceso de arenado.

Nivel: Investigación explicativa

Hernández (2014) describe que el alcance explicativo “está dirigido a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos y sociales. Se enfoca en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables” (pág. 95).

Se describió la situación actual y la causa de los problemas del taller X90 de Tratamiento y Superficie del Astillero. Así mismo se detallaron las herramientas de gestión y cómo éstas hicieron posible la mejora del proceso de arenado.

3.2. Diseño de la investigación

Diseño: Investigación cuasiexperimental

Según Hernández (2014) el diseño cuasiexperimental manipula “deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto sobre una o más variables dependientes, sólo que difiere de los experimentos puros en el grado de seguridad que puede tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupos” (pág. 151).

Se manipularon las variables independientes de manera intencional, sin contar con un grupo de control, para así analizar los efectos que se produzcan directamente en el proceso de arenado. En la figura 18 se grafica el diseño de la investigación.

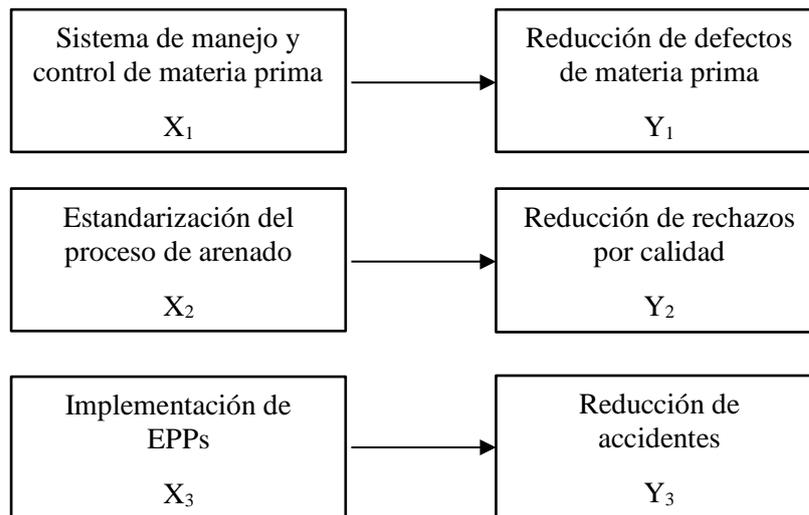


Figura 18. Diseño de la investigación

Fuente: Elaboración propia

Enfoque: Investigación cuantitativa

Hernández (2014) explica que una de las características del enfoque cuantitativo es que “debido a que los datos son producto de mediciones, se representan mediante números (cantidades) y se deben analizar con métodos estadísticos” (pág. 5).

Se expusieron los resultados del estudio en base al análisis de datos a través de herramientas informáticas y estadísticas.

3.3. Población y muestra

El Taller X90 de Tratamiento de Superficie se encarga de los siguientes procesos: Lavado, Arenado y Pintado.

Población de estudio: 40 operarios del Taller X90 de Tratamiento de Superficie.

Muestra: 13 operarios del proceso de arenado.

La muestra es de tipo no probabilística y fue seleccionada de manera predeterminada debido a que el proceso es el cual presenta la mayor cantidad de problemas y porque influye directamente sobre el acabado del proceso de pintado. Es decir que la mejora del Arenado permite un Tratamiento de Superficie eficiente.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Tipos de técnicas e instrumentos

a) Observación directa

Instrumento:

- Registro de Observación sobre el proceso de arenado (Ver Anexo 8): Utilizada para conocer la situación actual del proceso de arenado.

b) Revisión de documentos y registros relacionados

Instrumentos:

- Registro del Análisis Granulométrico e Inspección Visual (Ver Anexo 9): Utilizado para contabilizar la cantidad de defectos de la escoria de cobre en un mes.
- Registro de contenido del documento de Verificación de Calidad (Ver Anexo 10): Utilizado para contabilizar la cantidad de rechazos de calidad en un mes.
- Registro de contenido del documento de Informe de Accidente (Ver Anexo 11): Utilizado para contabilizar la cantidad de accidentes durante el proceso en un mes.

3.4.2. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

Para validar y dar confiabilidad a los instrumentos antes mencionados, se utilizó el formato de Validación de Instrumentos de Recolección de Datos (Ver Anexo 7).

3.4.3. Procedimientos para la recolección de datos

- a) Se observó el proceso de recepción y manipulación de materia prima de escoria de cobre antes de la llegada al equipo de arenado para verificar si cumple con las especificaciones técnicas. También se examinó el proceso de arenado para comprobar el correcto uso de los parámetros según el tipo de arenado y si se utilizan los EPPs como corresponde.
- b) Se revisaron los documentos y registros de los departamentos de Control de Calidad y de Seguridad y Salud Ocupacional para obtener datos sobre la situación del proceso de arenado.

3.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

Se realizó el análisis e interpretación de los resultados obtenidos de un análisis modal de fallos y efectos (AMEF). Asimismo, con la interpretación de los datos se procedió a dar concepto a la investigación para detallar los problemas planteados. Los resultados se presentaron en tablas y figuras, posteriormente se ejecutó un estudio estadístico con el fin de interpretarlos, conceptuarlos y realizar la categorización respectivamente. Finalmente se obtuvo una base de evidencias para aceptar o rechazar la hipótesis a través de la prueba del t student en el software SPSS 25.

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Diagnóstico y situación actual

El Astillero es una empresa estatal de derecho privado con 69 años de liderazgo en la Industria Naval. Esta cuenta con sedes en Chimbote, Iquitos y Callao, siendo la última el lugar de estudio con 1249 colaboradores.

Como organización se rigen en base a cinco valores (Ver figura 19). Por otro lado, sus principales fortalezas son:

- Mano de obra calificada y experimentada
- Prestigio y reconocimientos a nivel nacional y regional
- Contribución con el desarrollo a través del soporte para la defensa nacional
- Certificación ISO 9001:2008 de Gestión de Calidad, ISO 14001:2004 de Gestión Ambiental, 18001:2007 de Gestión de SST y BASC que garantiza la credibilidad y confianza
- Sistema de control interno y buen gobierno corporativo como base de buenas prácticas empresariales
- Incremento de capacidad y reparaciones de bajo y medio bordo



Figura 19. Valores de la empresa

Fuente: Dpto. Dirección Ejecutiva

El organigrama (Ver figura 20) actualmente se compone de cinco Departamentos principales, dentro de los cuales el Dpto. de Producción (Ver figura 21) contiene a la División Astillero en la cual se encuentra el Taller de Tratamiento de Superficie X-90.

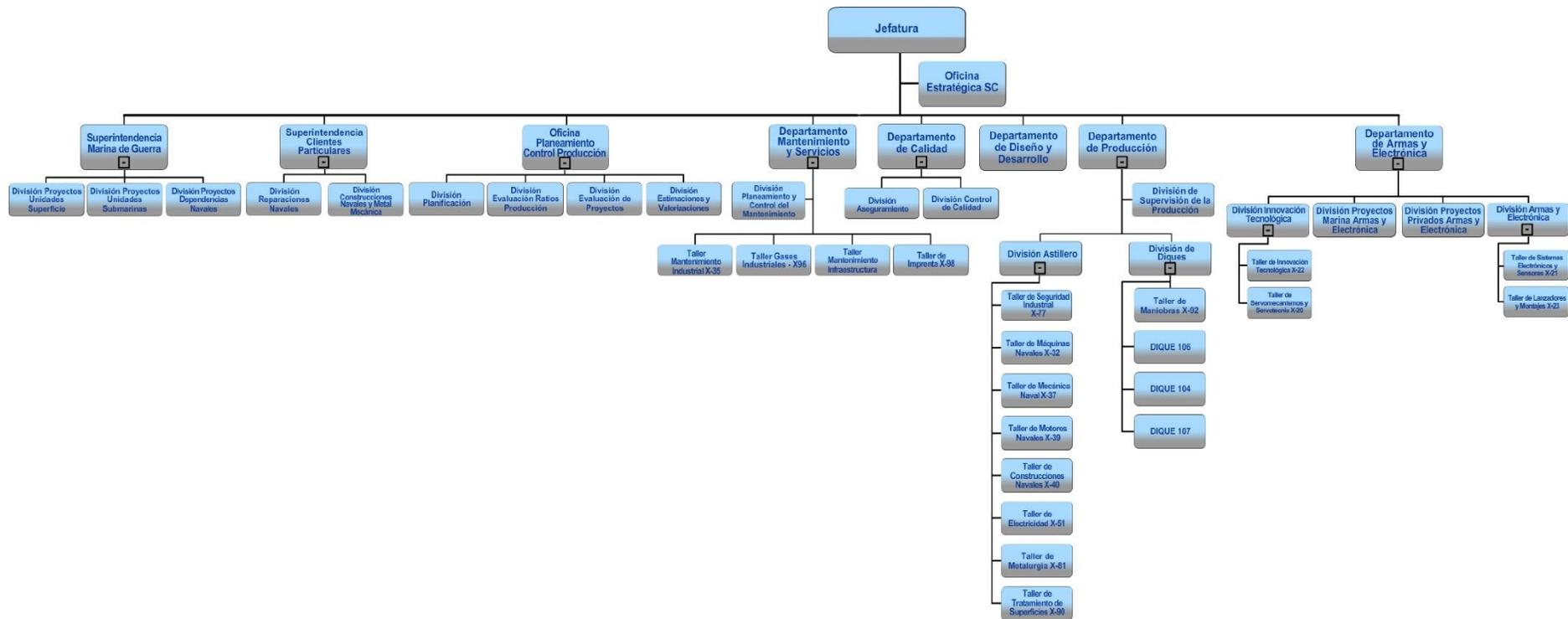


Figura 20. Organigrama del Astillero

Fuente: Manual de Organización y Funciones

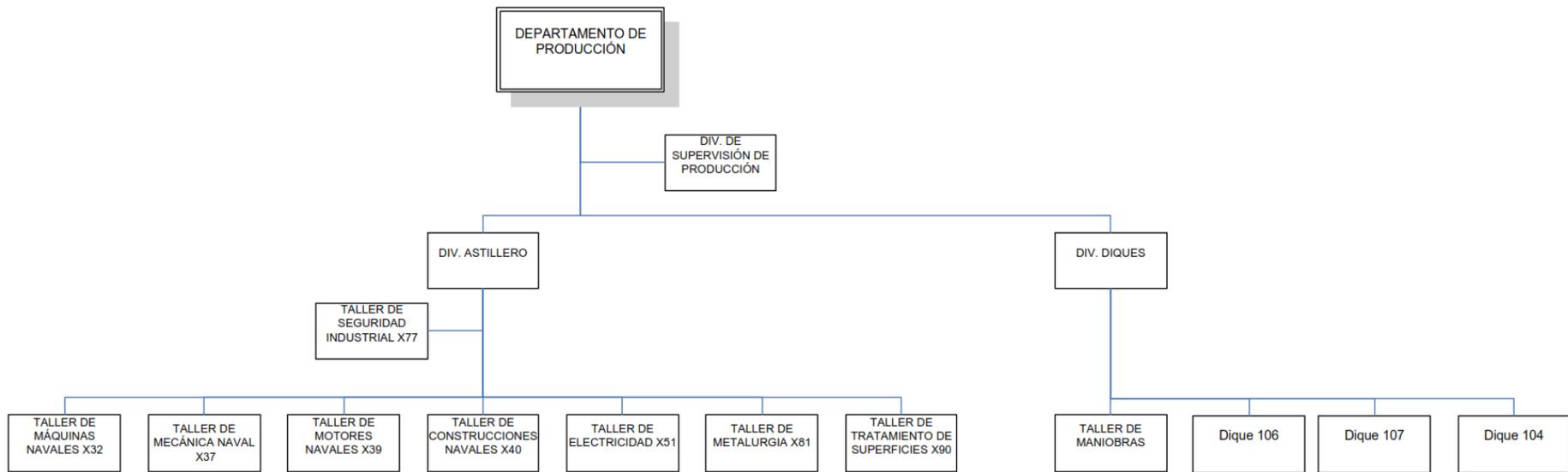


Figura 21. Organigrama del Departamento de Producción

Fuente: Manual de Organización y Funciones

El Taller X-90 se dedica al lavado, arenado y pintado de embarcaciones, siguiendo el diagrama de bloques presentado en la figura 22. El proceso de Arenado, en el cual se realizó el presente estudio, cuenta con las actividades que se muestran en la figura 23 y son realizadas por 13 operarios.

TRATAMIENTO SUPERFICIAL DEL CASCO DE UNA EMBARCACIÓN PESQUERA DE 1443.153 M²



Figura 22. Diagrama de bloques del Tratamiento Superficial

Fuente: Elaboración propia

ARENADO DE CASCO DE BUQUE - GRADO COMERCIAL (SA-2)

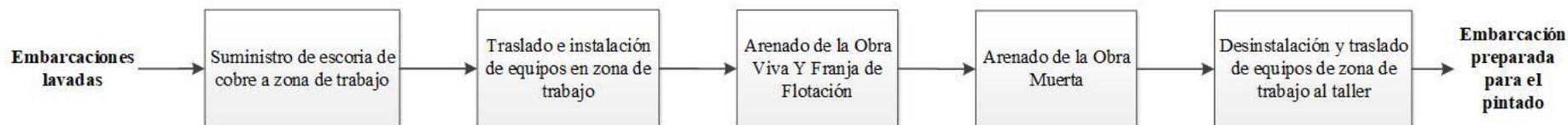


Figura 23. Diagrama de bloques del proceso de Arenado

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al Manual de Operaciones y Funciones del Astillero, el Taller X90 tiene la misión y funciones generales siguientes:

Misión: Planear, organizar, ejecutar, supervisar y controlar las actividades de tratamiento de superficie, esto incluye labores de limpieza, arenado y pintado del casco de las naves estatales o privadas; de acuerdo a la información técnica y a las directivas recibidas de la Jefatura de la División Astilleros, dentro de los más exigentes estándares de calidad, velando por el empleo adecuado de los recursos asignados, con el fin de contribuir a la defensa y el desarrollo socio-económico y tecnológico del país.

Funciones:

- Planificar, organizar, ejecutar y controlar en coordinación con Jefe de Proyecto y áreas de apoyo, los trabajos de tratamiento de superficie (limpieza, arenado y pintado) efectuado por personal de la empresa y/o de terceros en los proyectos de reparación, modificación y construcción naval, asignados por la Jefatura de la División Astillero, de acuerdo a la información técnica, al cronograma de fabricación, al plan de puntos de inspección y a las instrucciones recibidas, verificando su realización en forma segura y que no generen impactos al medio ambiente;
- Efectuar el arenado y preparación de superficies metálicas y construcciones navales para efectuar los trabajos de pintado correspondientes;
- Efectuar la aplicación del plan de pintado en las superficies metálicas y construcciones navales correspondientes;
- Mantener un control de todos los efluentes de las pinturas, solventes o residuos sólidos, mediante los procedimientos establecidos en la empresa;
- Llevar el control del inventario de los bienes, herramientas a su cargo; así como el control de las horas de trabajo de las mismas;
- Coordinar y ejecutar con las áreas respectivas a fin de dar cumplimiento al programa de mantenimiento preventivo y para la toma de acciones correctivas de mantenimiento, velando por la operatividad de la maquinaria, infraestructura y equipos asignados;

- Dar cumplimiento al cronograma de ejecución de trabajos y mantener informado a la Jefatura de la División Astillero;
- Solicitar la contratación de terceros para los trabajos de tratamiento de superficie; cuando sea necesario;
- Velar por la competencia e idoneidad del personal a su cargo, la preservación del conocimiento y el relevo generacional en el área de responsabilidad;
- Establecer en las actividades que conduce y/o participa criterios de autocontrol concurrentes con la normativa vigente, que fortalezcan y contribuyan el mejoramiento continuo y conlleven al eficiente empleo de los recursos de la Empresa;
- Identificar, evaluar y controlar los riesgos inherentes a las actividades que realiza o procesos que interviene en la empresa, a fin de establecer controles internos para minimizarlos y de ser posible eliminarlos; y,
- Otras funciones de su competencia que le sean asignadas por el Jefe de la División Astillero.

4.1.1. Tratamiento de superficie actual

Las embarcaciones ingresan al Astillero en malas condiciones con respecto a la estructura (Ver figura 24). Primero se somete a un proceso de hidrolavado (Ver figura 25) para desprender los choros marinos, algas e incrustaciones marinas que se hayan adherido al casco de la embarcación.



Figura 24. Estado en el que ingresa la embarcación

Fuente: Elaboración propia



Figura 25. Proceso de Hidrolavado

Fuente: Elaboración propia

Luego, se continua con el proceso de arenado o limpieza (Ver figura 26), mediante el chorro abrasivo, también conocido como escoria de cobre, para preparar la superficie de la embarcación.



Figura 26. Proceso de arenado

Fuente: Elaboración propia

Una vez arenada la embarcación, con la ayuda del rugosímetro (Ver figura 27), se mide la rugosidad de la estructura del casco de la embarcación (Substrato o metal). Las áreas donde se medirán dichos puntos y la cantidad de puntos a tomar, dependerán del porcentaje de área arenada de acuerdo al tipo de chorro abrasivo.



Figura 27. Rugosímetro de superficie

Fuente: Elaboración propia

En nuestro Astillero se debería de contar con un abrasivo que al utilizarlo, deje a la superficie arenada con un promedio de rugosidad que oscile entre los 3 a 3.5 mils para efectos de no degradar al material o consumo de recursos. Sin embargo, se cuenta con un abrasivo de granulometría no uniforme, la malla en la que ha sido tamizada por el proveedor no es la indicada, obteniendo un abrasivo con tamaño de partículas grandes, dejando a la superficie con una rugosidad promedio de 4 a 5 mils. El rugosímetro del Astillero realiza las calibraciones en micras (Sistema métrico), en la cual 25 micras equivalen aproximadamente a 1 mils (Sistema inglés).

$$1 \text{ mils} = 25.4 \text{ micras}$$

Finalmente, la superficie esta lista para la aplicación del plan de pintado (Ver figura 28), y como resultado la embarcación se encuentra lista para enfrentar las condiciones ambientales a las cuales se le somete (Ver figura 29).

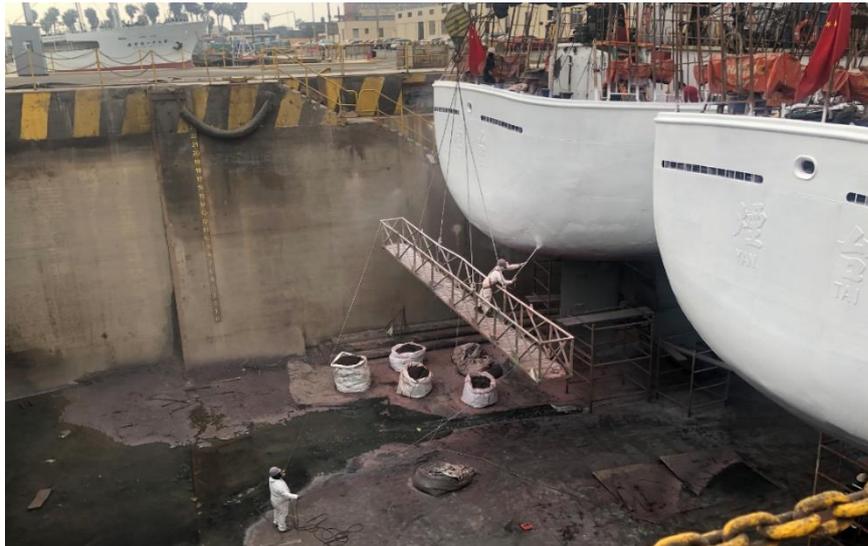


Figura 28. Proceso de pintado

Fuente: Elaboración propia



Figura 29. Embarcación con tratamiento superficial

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Diagnóstico del arenado actual

En detalle, el arenado actualmente se realiza siguiendo las actividades que se muestran en la tabla 17, con una única inspección al término del proceso. Así mismo, el flujo correspondiente al tratamiento superficial se presenta en la figura 30, en donde se demuestra la presencia del formato de preparación de superficie, el cual indica las especificaciones técnicas que sin embargo no son cumplidas en su totalidad.

Tabla 17. Diagrama de Actividades del Proceso de Arenado actual

Diagrama Nº 1		Hoja Nº 1		RESUMEN				
Proyecto: IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE ARENADO DE EMBARCACIONES EN UN ASTILLERO DEL CALLAO				Actividad	Actual	D (m)	T (hr/m ²)	
Actividad: Arenado de casco buque particular - grado comercial (SA-2)				Operación	3		0.0529	
Método: Actual				Inspección	0	20	0	
Lugar: Dique Seco del Astillero				Transporte	2		0.0078	
Embarcación: LU YAN YUAN YU 006				Demora	0		0	
Área de Embarcación: 1443.153 m ²				Operación - Inspección	0		0.0019	
Operarios:				Total	5	20	0.0626	
Compuesto por: Supervisor de Tratam. De Superficies Fecha: 02/08/2019				Distancia (m)	20			
Arenador Técnico				Arenador Operario (Portalonero) Almacenero Maestro (Despacho de escoria)				
Arenador Maestro								
Operador de máquina Maestro (Tolero)								
Arenador Maestro Maniobrista								
Aprobado por: Ing. Diego Giraldo - Encargado del Taller X90				Fecha: 04/08/2019				
Descripción	Distancia (m)	Tiempo (Hr/m ²)						Observación
Suministro de escoria de cobre a zona de trabajo	-	0.012						2 operadores de máquina - Maestro (Tolero) 1 Almacenero (Despacho de Escoria)
Traslado e instalación de equipos	10	0.0039						1 Arenador Técnico (Jefe de grupo) 2 Operarios de Máquina - Maestro (Tolero)
Arenado (Obra Viva y Franja de Flotación)	-	0.0239						1 Supervisor - 1 Arenador Técnico - 4 Arenados Maestros - 2 Operarios de Máquina Maestro (Tolero) - 2 Arenadores Maestro (Maniobrista) - 1 Arenador Operario (Portalonero)
Arenado (Obra Muerta)	-	0.017						1 Supervisor - 1 Arenador Técnico - 4 Arenados Maestros - 2 Operarios de Máquina Maestro (Tolero) - 2 Arenadores Maestro (Maniobrista) - 1 Arenador Operario (Portalonero)
Verificación de Rugosidad	-	0.0019						Inspector de Calidad
Desinstalación y traslado de equipos de zona de trabajo al taller	10	0.0039						2 Operarios de máquina Maestro (Maniobrista) 1 Arenador Técnico (Jefe de Grupo)

Fuente: Elaboración propia

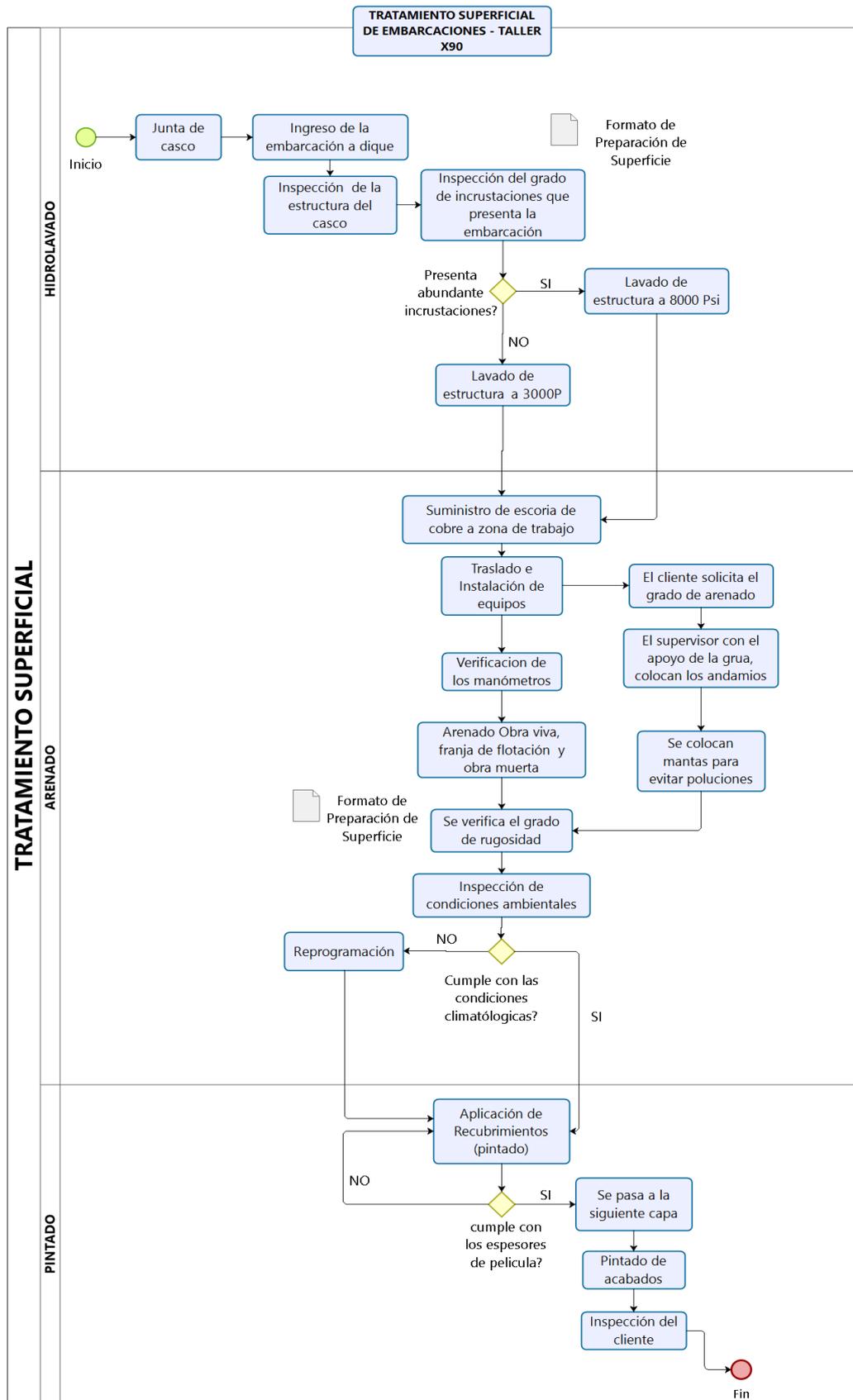


Figura 30. Flujo del Arenado Actual

Fuente: Elaboración propia

4.1.2.1. Manejo y control de la materia prima

La escoria de cobre ingresa por lotes y se realiza una inspección visual para determinar si cumple a simple vista con los estándares requeridos (Ver figura 31). Sucede usualmente que la escoria de cobre se encuentra húmeda (Ver figura 32), con exceso de contenido de polvo, entre otros defectos.



Figura 31. Inspección visual de la escoria de cobre

Fuente: Elaboración visual



Figura 32. Escoria de cobre en condición húmeda

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, actualmente se toma una muestra de algunos lotes (Ver figura 33) para realizar el análisis granulométrico. Las características que no cumplan son reportadas, sin embargo la escoria se utiliza para el arenado, lo cual perjudica el proceso debido a que esto ocasiona obstrucciones en las tolvas y malos acabados.



Figura 33. Recolección de muestra de escoria de cobre
Fuente: Elaboración propia

4.1.2.2. Especificaciones y controles en el proceso de arenado

Los operarios de arenado manejan diferentes parámetros en cuanto a distancia y ángulo de aplicación del arenado, lo que ocasiona un acabado disparejo del proceso como se observa en la figura 34. Por otro lado, no existe un control durante el proceso que indique que el resultado tenga la rugosidad requerida, por lo que ocurre que la superficie haya excedido los requisitos o no sea uniforme, lo que cual perjudica al proceso de pintado para obtener un resultado parejo.



Figura 34. Arenado no uniforme
Fuente: Elaboración propia

4.1.2.3. El uso de EPPs

Como se observa en la figura 35, los operarios no utilizan los equipos de protección personal para el arenado o en distintas ocasiones no aseguran su correcta colocación, demostrando así que el valor de su importancia no es reconocido, por lo que ocurren accidentes relacionados a la audición, respiración y visión.

Finalmente, el recojo de los residuos del arenado se realiza de forma manual con escobas y sin el uso de los EPPs, como se puede apreciar en la figura 36, lo que ocasiona que el operario este expuesto a inhalar las partículas consideradas tóxicas para su salud o se golpee por no utilizar el casco.



Figura 35. Operario sin uso de EPPs

Fuente: Elaboración propia



Figura 36. Recojo de residuos de forma manual

Fuente: Elaboración propia

4.2. Desarrollo

Para identificar las fallas potenciales de mayor riesgo de ocurrencia, a ser corregidas, se realizó el análisis del modo y efectos de fallas (AMEF) en la tabla 18, tomando en cuenta las tablas 11, 12 y 13 para cuantificar los índices de severidad, ocurrencia y detección respectivamente.

Se puede observar que la primera falla potencial con un número prioritario de riesgo (NPR) alta corresponde al control de la escoria de cobre. Luego, el uso del patrón, ángulo y distancia inadecuado en el arenado también presentan un NPR de riesgo alto. Por otro lado arenar con el tipo incorrecto presenta un NPR de riesgo medio. Finalmente, arenar sin protección tiene un resultado NPR de riesgo alto.

En base a esta herramienta, las propuestas de solución estarán enfocadas a las fallas potenciales mencionadas, para disminuir el número prioritario de riesgo de las mismas.

4.2.1. Sistema de manejo y control de materia prima

Actualmente el manejo y control de la escoria de cobre se desarrolla según el flujo que se observa en la figura 37, en donde participan el almacén, el departamento de calidad y el taller X90.

Se puede apreciar que para inspeccionar la materia prima el método utilizado es al azar y que en base a los resultados del análisis granulométrico y la inspección visual, no se toman decisiones sobre aceptar o rechazar un lote.

La prueba tanto visual y granulométrica se complementan para hallar el total de fallas en la materia prima, sin embargo solo se registran los resultados de la prueba granulométrica (Ver Anexo 5), se comunican las fallas, pero con motivo de no retrasar el trabajo se utiliza la escoria que no cumple con las especificaciones.

Tabla 18. Análisis del modo y efectos de fallas en el arenado

Función del proceso	Falla potencial	Efecto potencial de la falla	Severidad	Causas potenciales de las fallas	Ocurrencia	Control actual del proceso	Detección	NPR
SUMINISTRAR LA ESCORIA	Colocar escoria con defectos	Obstrucción de tolvas. Acabado inadecuado.	7	Falla de muestreo de lote. Falta de rechazo de lote.	7	Análisis granulométrico al azar	8	392
TRASLADAR E INSTALAR EQUIPOS	Conectar las mangueras de manera inadecuada	Interrupción del arenado por desprendimiento de manguera	1	Falta de pericia del operario.	1	Inspección de instalación de equipos	3	3
ARENAR	Arenar con el tipo incorrecto	Acabado inadecuado. Superficie dispereja.	6	Falta de pericia del operario. Desconocimiento del operario. Carencia de control.	3	Formato de preparación de superficie. Inspección final.	8	144
ARENAR	Arenar con el patrón inadecuado	Acabado inadecuado. Superficie dispereja.	6	Falta de pericia del operario. Desconocimiento del operario. Carencia de control.	7	Inspección final	8	336
ARENAR	Arenar con el ángulo de inclinación incorrecto	Rugosidad de la superficie inadecuada. Acabado defectuoso.	6	Falta de pericia del operario. Desconocimiento del operario. Carencia de control.	8	Inspección final	8	384
ARENAR	Arenar con la distancia de aplicación incorrecta	Rugosidad de la superficie inadecuada. Acabado defectuoso.	6	Falta de pericia del operario. Desconocimiento del operario. Carencia de control.	8	Inspección final	8	384
ARENAR	Arenar con la presión incorrecta	Rugosidad de la superficie inadecuada o presencia de incrustaciones. Acabado defectuoso.	6	Carencia de control	2	Revisión simultánea de manómetros	3	36
ARENAR	Arenar sin protección	Accidente. Mano de obra faltante.	9	Falta de concietización del operario.	5	No tiene	10	450
RECOJO Y TRASLADO DE EQUIPOS	Falta de limpieza de residuos tóxicos	Contaminación del área de trabajo.	1	Falta de pericia del operario.	2	Inspección final	10	20

Fuente: Elaboración propia

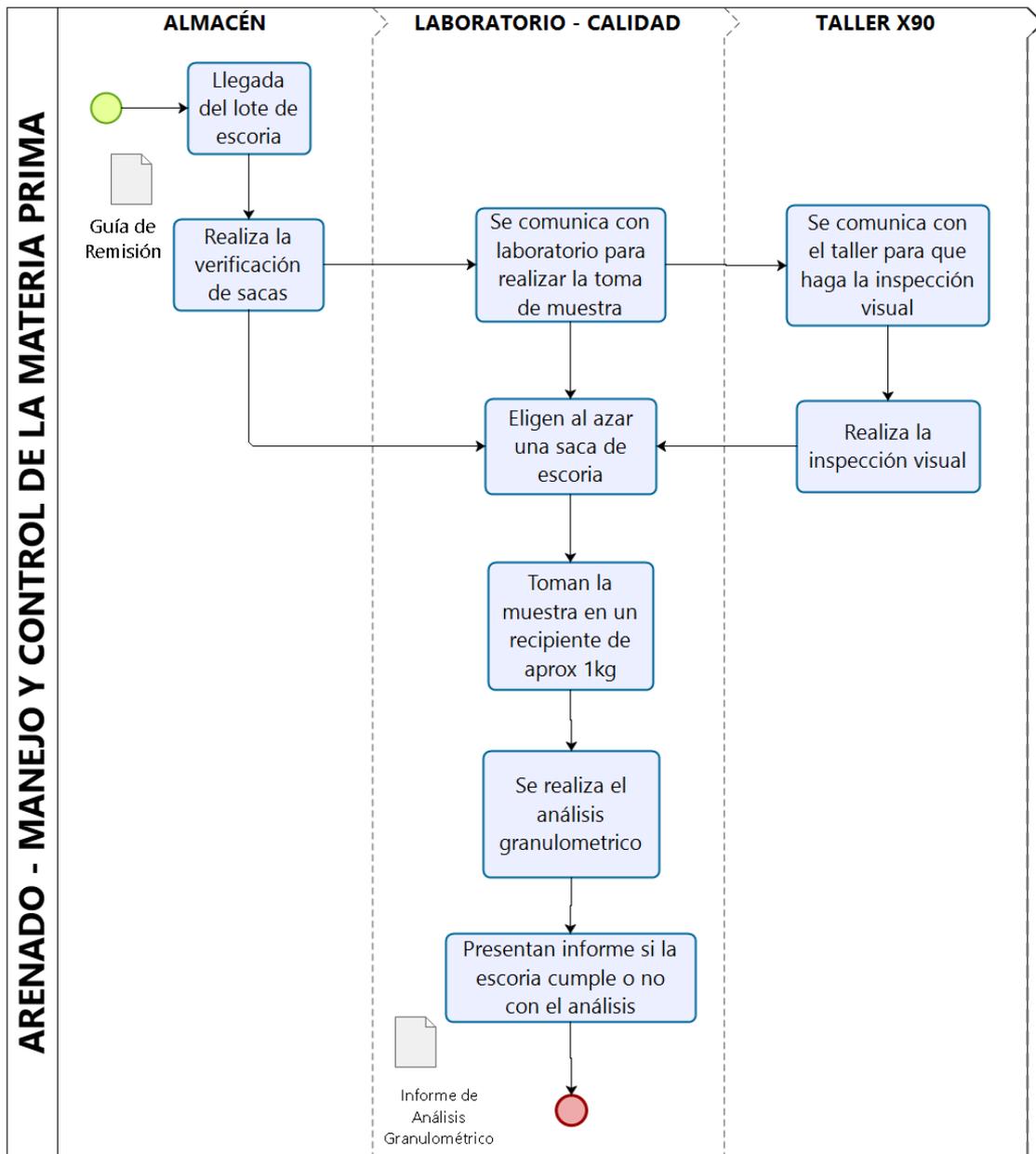


Figura 37. Flujo del análisis de la materia prima actual

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 19 y figura 38 se detallan todos los defectos que se han encontrado durante el periodo de abril a septiembre del presente año, siendo en su mayoría la forma irregular de la escoria de cobre y la alta presencia de polvo

Tabla 19. Motivo de defectos en la escoria de cobre

<i>Defecto</i>	<i>Abril</i>	<i>Mayo</i>	<i>Junio</i>	<i>Julio</i>	<i>Agosto</i>	<i>Septiembre</i>	<i>Total</i>	<i>%</i>
<i>Alta presencia de polvo</i>	0	1	0	1	1	1	4	26.67
<i>Olor irregular</i>	0	0	0	1	0	0	1	6.67
<i>Presencia de humedad</i>	1	1	0	0	0	0	2	13.33
<i>Forma irregular</i>	0	0	1	0	1	1	3	20.00
<i>Dureza inadecuada</i>	0	0	1	0	1	0	2	13.33
<i>Tamaño inadecuado</i>	0	0	0	1	1	1	3	20.00
<i>Total</i>	1	2	2	3	4	3	15	100.00

Fuente: Astillero. Dpto. Control de Calidad. Año 2019



Figura 38. Porcentaje de motivos de defectos de la escoria de cobre

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 20 y figura 39, se reciben 4 lotes de 23 sacas al mes de escoria de cobre, de las cuales en los últimos 6 meses se han realizado 31 muestras y 15 de ellas no cumplieron con las especificaciones. Por lo tanto se ha utilizado escoria de cobre con un 48% de defectos.

Tabla 20. Defectos en la escoria de cobre en los últimos seis meses

CUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA ESCORIA DE COBRE					
Fecha de Recepción de la Muestra	Cantidad de lotes	Cantidad de muestras	Cumple	No Cumple	Proporción
abril	4.00	1.00	0	1	1.00
mayo	4.00	9.00	7	2	2.00
junio	4.00	6.00	4	2	0.33
julio	4.00	5.00	2	3	3.00
agosto	4.00	5.00	1	4	0.80
septiembre	4.00	5.00	2	3	4.00
Total:		31	16	15	

Fuente: Astillero. Dpto. Control de Calidad. Año 2019



Figura 39. Porcentaje de defectos en la escoria de cobre en los últimos seis meses

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.1.Propuestas

- Formalizar el proceso de Inspección Visual mediante la implementación del check list

Se propone un formato que registre con detalle las características observadas en la escoria de cobre, para que se complemente la verificación de las especificaciones técnicas y pueda informarse correctamente al proveedor (Ver Tabla 21).

Tabla 21. Check List de Inspección Visual

ASTILLERO	CHECK LIST		CÓDIGO: #####	
	INSPECCIÓN VISUAL DEL ABRASIVO (ESCORIA DE COBRE)		Versión: 01	
			Fecha: ##/##/##	
			Página: 1/1	
AREA/PROYECTO:				
FECHA EMITIDA:				
ZONA Y UBICACIÓN DE LA INSPECCIÓN:				
N°		SI	NO	
1	¿La partícula es de forma angular cortante?			
2	¿Genera alta nube de polvo?			
3	¿El color es negro/gris?			
4	¿Presenta olores?			
5	¿Presenta humedad?			
Conclusión:				
..... Supervisor del Taller X90 Pr:				

Fuente: Elaboración Propia

- Establecer un proceso de muestreo de lotes de escoria de cobre para su análisis granulométrico y visual

Actualmente no se cuenta con un número de muestra establecido y dicha cantidad varía para las 23 sacas que contiene un lote. Este modo produce la falta de precisión para detectar un lote que no cumpla con las especificaciones, ya que en varias ocasiones un lote cuya muestra ha cumplido ha presentado fallas y obstruido las tolvas de arenado.

Se propone utilizar la norma NTP ISO 2859 para establecer un plan de muestreo desde una inspección normal para la recepción de lotes, el cual especifica las reglas para la elección de cantidad de muestras apropiadas y las reglas para cambiar el nivel de inspección en base a los resultados.

De acuerdo a la tabla 22, para un lote de 23 unidades en un nivel de inspección normal (II), corresponde la letra C.

Tabla 22. Código de tamaño de muestra

Tamaño de Lote		Niveles de Inspección Especial				Niveles de Inspección General		
		S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 a	8	A	A	A	A	A	A	B
9 a	15	A	A	A	A	A	B	C
16 a	25	A	A	B	B	B	C	D
26 a	50	A	B	B	C	C	D	E
51 a	90	B	B	C	C	C	E	F
91 a	150	B	B	C	D	D	F	G
151 a	280	B	C	D	E	E	G	H
281 a	500	B	C	D	E	F	H	J
501 a	1200	C	C	E	F	G	J	K
1 201 a	3200	C	D	E	G	H	K	L
3 201 a	10000	C	D	F	G	J	L	M
10 001 a	35000	C	D	F	H	K	M	N
35 001 a	150000	D	E	G	J	L	N	P
150 061 a	500000	D	E	G	J	M	P	Q
	500 001 y más	D	E	H	K	N	Q	R

Fuente: NTP ISO 2859

De la tabla 23 correspondiente, para un lote C, el tamaño de la muestra es de 5 unidades. Según el nivel de calidad aceptable (NCA) de la empresa se determinan los valores de aceptación = 1 y de rechazo = 2, esto indica que para 5 muestras si 2 o más presentan defectos, se rechazará el lote.

Tabla 23. Tabla general de inspección normal

Letra código tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra	Nivel de calidad aceptable (NCA), en porcentaje de elementos no conformes y no conformidades por 100 unidades (inspección normal)																											
		0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1 000		
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 2	2 3	3 4	5 8	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31		
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 8	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 8	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 8	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑
K	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑
L	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑
M	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑
N	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑
P	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑
Q	1 250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑
R	2 000	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑

Fuente: NTP ISO 2859

- Proceso de rechazo de lote y comunicación con el proveedor

Si la muestra presenta un resultado menor al 95% de acumulación en la malla número 20, el lote estrictamente deberá ser registrado como rechazado, a través del formato de Registro de Abrasivo No Conforme representado de la tabla 24, y comunicado al proveedor a través de una Nota de Devolución según la tabla 25.

Tabla 24. Registro de abrasivo no conforme

ASTILLERO	Registro						CÓDIGO: #####
	REGISTRO DE ABRASIVO NO CONFORME						Versión: 01
							Fecha: ##/##/##
							Página: 1/1
ÁREA/PROYECTO:							
MES DE REGISTRO:							
N°	Código del lote	Responsable	Fecha detección	Proveedor	Fecha devolución	Motivo del rechazo	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <hr style="width: 200px; margin: 0 auto;"/> <p>Firma Supervisor Taller X90</p> </div> <div style="text-align: center;"> <hr style="width: 200px; margin: 0 auto;"/> <p>Firma Dpto. Calidad</p> </div> </div>							

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Nota de devolución al proveedor

ASTILLERO	NOTA DE DEVOLUCIÓN AL PROVEEDOR					CÓDIGO: #####
						Versión: 01
						Fecha: ##/##/##
						Página: 1/1
PROVEEDOR:						
FACTURA N°:						
ORDEN DE COMPRA N°:						
ENTRADA AL ALMACÉN N°:						
Código Lote	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total	
Motivo de devolución:						
Documentos justificativos eadjuntos: - Registro de la inspección visual - Resultado del análisis granulométrico						
Autorizado por:		Entregado por:		Recibido por		

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2. Documento de gestión

SISTEMA DE MANEJO Y CONTROL DE MATERIA PRIMA

Alcance:

Todo el grupo de trabajo encargado del proceso de arenado mediante escoria de cobre, quienes arenan el casco de la embarcación en dique.

Objetivos:

Implementar un sistema de manejo y control de materia prima para reducir defectos de la escoria de cobre en el proceso de arenado de embarcaciones en un astillero.

Responsables:

- Jefe del Taller X90
- Control de Calidad
- Almacén

Metodología:

Se propone realizar un formato de inspección visual, que registre las características observadas en el abrasivo y así determinar si la escoria cumple visualmente con las especificaciones requeridas. También se plantea establecer un plan de muestreo de lotes del material para su análisis granulométrico y visual, ya que de esta manera podremos saber la cantidad de lotes que serán aceptados y rechazados.

Asimismo, si en el análisis granulométrico de 5 sacas, presenta que 2 sacas de escoria no cumplen con el porcentaje requerido, se procederá a realizar un formato de abrasivo no conforme y devolución del material al proveedor.

A través de esta metodología se llevará un mejor control del material.

Registros:

- Inspección visual del abrasivo
- Registro de abrasivo no conforme
- Nota de devolución al proveedor

4.2.2. Estandarización del proceso de arenado

De acuerdo al registro presentado en la tabla 26, los rechazos que el área de calidad presenta son ocasionados por una rugosidad menos al estándar, superficie irregular, falta de arenado o superficie con incrustaciones. En la figura 40 se observa que la falta de arenado acumula el 37.5% de rechazos de calidad en su mayoría.

Tabla 26. Motivos de los rechazos del arenado por calidad

<i>Rechazos de calidad</i>								
<i>Motivo</i>	<i>Abril</i>	<i>Mayo</i>	<i>Junio</i>	<i>Julio</i>	<i>Agosto</i>	<i>Septiembre</i>	<i>Total</i>	<i>%</i>
<i>Rugosidad menor al estandar</i>	1	1	0	0	0	1	3	18.75
<i>Superficie irregular</i>	1	2	1	0	0	0	4	25.00
<i>Falta de arenado</i>	1	1	1	1	1	1	6	37.50
<i>Superficie con incrustaciones</i>	0	1	1	0	1	0	3	18.75
<i>Total</i>	3	5	3	1	2	2	16	100.00

Fuente: Astillero. Dpto. Control de Calidad. Año 2019

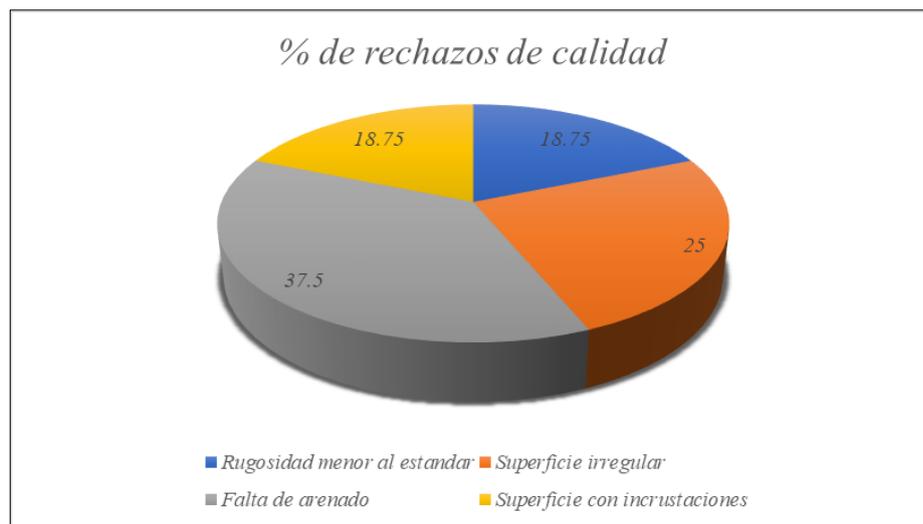


Figura 40. Porcentaje de los motivos de rechazos de calidad

Fuente: Elaboración propia

Desde el mes de abril a septiembre del presente año se han registrado que 16 inspecciones no cumplieron con los estándares de calidad, como se puede visualizar en la tabla 27. Del total, esto representa el 29% de las inspecciones según lo indica la figura 41.

Tabla 27. Rechazos de calidad en los últimos seis meses

RECHAZOS DEL ACABADO DEL PROCESO DE ARENADO			
Fecha de la Inspección	Cantidad de inspecciones	Cumple	No Cumple
abril	6	3	3
mayo	12	7	5
junio	14	11	3
julio	7	6	1
agosto	7	5	2
septiembre	9	7	2
Total:		39	16

Fuente: Astillero. Dpto. Control de Calidad. Año 2019



Figura 41. Porcentaje de rechazos de calidad en los últimos seis meses

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.1.Propuestas

- Registro sobre los resultados de la junta de casco

Para controlar las especificaciones del proceso de arenado, en conjunto con el formato de tratamiento de superficie, se propone integrar un registro de la junta de casco (Ver figura 42 y 43) para informar a los operarios y no permitir indicaciones que no correspondan con lo acordado.

ASTILLERO	FORMATO	Código:	F-04-SCP-03
		Versión:	
		Fecha:	
	ACTA DE JUNTA DE CASCO N° - 20....	Página:	1 - 3

Callao,

Asunto: Definir trabajos de Diqueo del buque:

1. Asistentes:

Siendo las.....horas del día.....de.....de 20..... se reunieron en el Dique.....

los siguientes representantes:

- Jefe de Proyecto
- Representante de la embarcación
- Jefe División Control de Calidad
- Jefe de Taller X-90
- Jefe de Taller X-77
- Jefe de Taller X-41
- Jefe de Taller X-37
- Jefe de Taller X-32

2. Motivo de la Reunión
 Evaluar el estado de las Estructuras del Casco, Sistema de Protección Catódica, Pintura, así como determinar los trabajos adicionales no contemplados.

3. Conclusiones
 (Detallar los trabajos que se realizarán en la embarcación)

a)

Figura 42. Acta de Junta de Casco. Página 1.

Fuente: Elaboración Propia

ASTILLERO	FORMATO	Código:	F-04-SCP-03
		Versión:	
	ACTA DE JUNTA DE CASCO N° - 20....	Fecha:	
		Página:	3 - 3

Siendo las.....horas se dio por finalizada la presente Junta de Casco.

.....
 Jefe Taller X-32 Jefe Taller X37 Jefe Taller X-41

.....
 Jefe Taller X-77 Jefe División Control
 de Calidad Jefe Taller X-90

.....
 Representante de la Embarcación Jefe de Proyecto

.....
 Jefe División Reparaciones Navales

Figura 43. Acta de Junta de Casco. Página 3.

Fuente: Elaboración Propia

- Establecer una distancia y ángulo de aplicación del arenado

De acuerdo a la normativa indicada en la Unidad 3: Preparación de la superficie para el pintado (Drisko & Palmer, 2005), para asegurar un correcto arenado de tipo SSPC 5, 6, 7 y 10, empleados en el Taller X90, se deben respetar la distancia de aplicación entre 12 a 18 pulgadas y a un ángulo de 60 o 70°, como se muestra en la figura 44. Los operarios deberán ser capacitados para uniformizar el proceso.

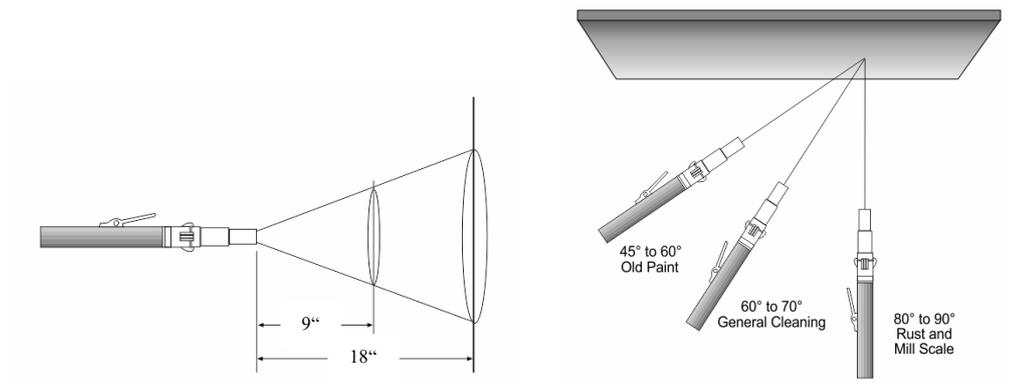


Figura 44. Distancia y ángulo de aplicación del arenado

Fuente: Drisko & Palmer. Año 2005.

- Establecer un patrón de aplicado del arenado

Para garantizar la uniformidad del acabado del arenado, según la norma indicada en la Unidad 3: Preparación de la superficie para el pintado (Drisko & Palmer, 2005), se establece seguir un patrón de aplicación en línea recta, como se demuestra en la parte superior de la figura 45, en donde también se puede apreciar la diferencia con la parte inferior. Al igual que la propuesta anterior, es necesaria la capacitación para comunicar el procedimiento.



Figura 45. Patrón de aplicado del arenado

Fuente: Elaboración propia

- Inspección periódica al proceso de arenado

Se propone establecer dos controles durante el proceso de arenado, de acuerdo a los formatos de las tablas 28 y 29, para verificar que los parámetros de distancia, ángulo y patrón sean cumplidos por los operarios. Así mismo, se verificaría el nivel de rugosidad para que este no sobrepase el límite establecido.

Tabla 28. Formato de Inspección al inicio del proceso de arenado

ASTILLERO	FORMATO DE INSPECCIÓN DEL PROCESO DE ARENADO	CÓDIGO:####
		Versión: 01
		Fecha:##/##/##
		Página:1/1
Proyecto:	Fecha:	
Área Responsable de la Inspección:	Zona y Ubicación de Trabajo:	
Responsable del Trabajo:	Tipo de Arenado:	
INICIO DEL PROCESO		
ASPECTOS A VERIFICAR:		
1. Presión utilizada:		<input type="text"/>
2. Distancia promedio entre la boquilla y superficie (Marca con una X):		<input type="text"/>
SSPC 5 - 12 Pulgadas ~30.48 cm		<input type="text"/>
SSPC 10 - 14 Pulgadas ~35.56cm		<input type="text"/>
SSPC 6 - 18 Pulgadas ~45.72 cm		<input type="text"/>
3. Patrón de aplicación:		<input type="text"/>
4. Rugosidad Obtenida:		<input type="text"/>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Formato de Inspección durante el proceso de arenado

ASTILLERO	FORMATO DE INSPECCIÓN DEL PROCESO DE ARENADO	CÓDIGO:####
		Versión: 01
		Fecha:##/##/##
		Página:1/1
Proyecto:	Fecha:	
Área Responsable de la Inspección:	Zona y Ubicación de Trabajo:	
Responsable del Trabajo:	Tipo de Arenado:	
DURANTE EL PROCESO		
ASPECTOS A VERIFICAR:		
1. Presión utilizada:		<input type="text"/>
2. Distancia promedio entre la boquilla y superficie (Marca con una X):		<input type="text"/>
SSPC 5 - 12 Pulgadas ~30.48 cm		<input type="text"/>
SSPC 10 - 14 Pulgadas ~35.56cm		<input type="text"/>
SSPC 6 - 18 Pulgadas ~45.72 cm		<input type="text"/>
3. Patrón de aplicación:		<input type="text"/>
4. Rugosidad Obtenida:		<input type="text"/>

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.2.Documento de gestión

ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE ARENADO

Alcance:

Todo el grupo de trabajo encargado del proceso de arenado mediante escoria de cobre, quienes arenan el casco de la embarcación en dique.

Objetivos:

Estandarizar el proceso de arenado para reducir rechazos de calidad del arenado de embarcaciones en el astillero.

Responsables:

- Jefe de Superintendencia de Clientes Particulares
- Jefe de Reparaciones Navales
- Intendente de Taller X90

Metodología:

Se propone que cuando la embarcación se posicione en dique, realizar una junta de casco; que es una reunión donde se efectúa una inspección visual para ver el estado en el que se encuentra la embarcación. Al finalizar la reunión, se plantea presentar un formato de junta de casco con los todos los trabajos que se realizaran en la embarcación.

También, se proponer implementar un formato de inspección del proceso de arenado, que se realizara periódicamente, para asegurar un arenado correcto respetando la distancia de aplicación, ángulos y patrón de arenado requeridos. Esto en conjunto con la capacitación de los operarios acerca de los parámetros estandarizados, busca la uniformidad de acabado.

Mediante esta metodología se procura reducir rechazos de calidad y optimizar el proceso de arenado.

Registros:

- Acta de junta de casco
- Formato de inspección del proceso de arenado

4.2.3. Implementación de EPPs

De acuerdo a los accidentes registrados en el mes de abril a septiembre del presente año, se detectó la cantidad de accidentes en la tabla 30 según su tipo auditivo, visual o respiratorio. La mayoría se produce por la falta de uso o el uso inadecuado de los tapones para los oídos, que corresponde a un 43.48% según la figura 46.

Tabla 30. Accidentes de arenado

<i>Accidentes en el arenado</i>								
<i>Tipo</i>	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Total	%
<i>Auditivo</i>	2	3	1	2	1	1	10	43.48
<i>Visual</i>	0	1	1	3	0	1	6	26.09
<i>Respiratorio</i>	3	0	2	0	1	1	7	30.43
<i>Total</i>	5	4	4	5	2	3	23	100.00

Fuente: Dpto. Seguridad y Salud Ocupacional. Año 2019.



Figura 46. Porcentajes de tipo de accidentes en el proceso de Arenado

Fuente: Elaboración propia

La limpieza abrasiva a alta presión es una operación de alto riesgo y peligrosa. Sin embargo el personal involucrado en el proceso, no demuestra el valor de importancia de los equipos de protección personal, por lo que ocasionan accidentes auditivos, visuales y respiratorios.

Respecto a la figura 47, para la seguridad y comodidad del operador en el proceso de arenado (limpieza abrasiva), es importante y esencial que hagan uso de ropa de trabajo de buena calidad. Usualmente incluyen:

- Botas de seguridad
- Overoles
- Guantes de cuero resistentes
- Casco para el arenado con alimentación de aire, incorporado una visera reemplazable y cubierta de cuero.
- Protección auditiva



Figura 47. Vestimenta de trabajo del arenador

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, dentro del grupo de trabajo del arenado también participan operarios que apoyan en la maniobra de andamios y medios de elevación (Ver figura 48). Por lo que utilizan equipos de protección personal similares a los del arenador como botas de seguridad, casco de seguridad, tapa boca con filtros, lentes y protección auditiva.

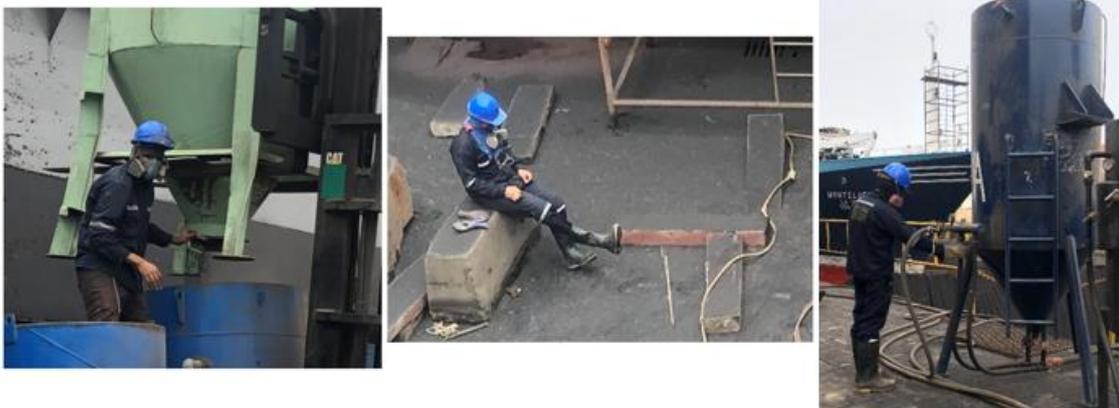


Figura 48. Operarios que participan en la maniobra de andamios y elevación

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al IPERC del Taller de Tratamiento de Superficie X90 (Ver Anexo 6), para las tareas de arenado se presentan los siguientes peligros y daños en relación al uso de EPPs.

- Generación de ruidos mayores a 85 db por la presión de aire. Esto ocasiona lesiones auditivas e hipoacusia. El EPP correspondiente son los protectores auditivos.
- Inhalación de material particulado. Esto ocasiona fibrosis pulmonar, asfixias y alergias a la piel. El EPP correspondiente es el respirador de media cara con filtro para polvo.
- Exposición a proyección de material particulado suspendido. Esto ocasiona irritación oftálmica e incrustación de partículas a la vista. El EPP correspondiente son los lentes panorámicos.

4.2.3.1.Propuestas

- Establecer charla de 5 minutos antes del proceso de arenado

El supervisor del taller deberá realizar la charla previa al arenado para recalcar el objetivo del proceso, los peligros y riesgos presentados, y la importancia del uso de EPPs.

- Concientización de la importancia de cada componente de los EPPs

El taller X77 (Taller de Seguridad y Salud Ocupacional) en coordinación con el taller X90, realizará un ciclo de inducciones en temas de seguridad y salud, dirigidas al personal encargado del proceso de arenado (Ver figura 49). Dichas charlas serán dictadas con el propósito de fomentar una cultura y clima de seguridad para todos los trabajadores del astillero.



Figura 49. Charlas de Concientización

Fuente: Elaboración propia

- Proceso seguro de recojo de residuos

Se propone que los residuos de la escoria de cobre y de los materiales removidos se realice utilizando los EPPs y con equipos de succión que no permitan la propagación de las partículas en el área de trabajo. Asimismo, los EPPs y uniformes deberán ser aspirados antes de su almacenamiento o traslado.

4.2.3.2.Documento de gestión

IMPLEMENTACION DE EPPs

Alcance:

Todo el grupo de trabajo encargado del proceso de arenado mediante escoria de cobre, quienes arenan el casco de la embarcación en dique.

Objetivo:

Proponer una metodología de transmisión del uso de los equipos de protección personal que permita conocer la importancia y seguridad para los operarios.

Responsables:

- Intendente del Departamento de Seguridad y Salud Ocupacional (X77)
- Jefe del taller de Tratamiento Superficial (X90)
- Supervisor del taller de Tratamiento Superficial designado al arenado
- Jefe de Producción

Metodología:

Se propone ofrecer y dictar charlas de 5 minutos antes de inicio del proceso al personal encargado del arenado, la charla deberá ser transmitida por el supervisor a cargo de la limpieza por chorro abrasivo en el taller; a quien previamente el jefe del taller brindará recomendaciones acerca de las precauciones y puntos a tener en cuenta durante el proceso en el área de trabajo. También se propone incorporar dentro de las capacitaciones anuales sobre seguridad, la concientización al personal sobre la importancia de uso de los equipos de protección personal. Estas charlas en coordinación con el taller X90 y el taller X77 serán dirigidas al personal encargado del arenado.

De la misma manera, se propone que el recojo de los residuos de la escoria de cobre se realice utilizando equipos de protección personal con el apoyo de equipos de succión que no permita la propagación de las partículas en el área de trabajo.

Mediante esta metodología se busca fomentar una cultura y clima de seguridad para los trabajadores del astillero. Y así ejecuten su trabajo de forma segura evitando un posible accidente.

Registros:

- Registro de asistencia de inducción
- Evaluación de inspección

4.2.4. Plan de mejora propuesto

Las propuestas del presente estudio presentaron los siguientes cambios en el proceso de Arenado que se pueden observar en primer lugar en el flujo del manejo y control de materia prima en la figura 50.

También se modificó el Diagrama de Actividades del Proceso en la tabla 31, y el flujo del tratamiento superficial en la figura 51. En ambos se pueden apreciar las inspecciones incorporadas, los documentos y registros propuestos.

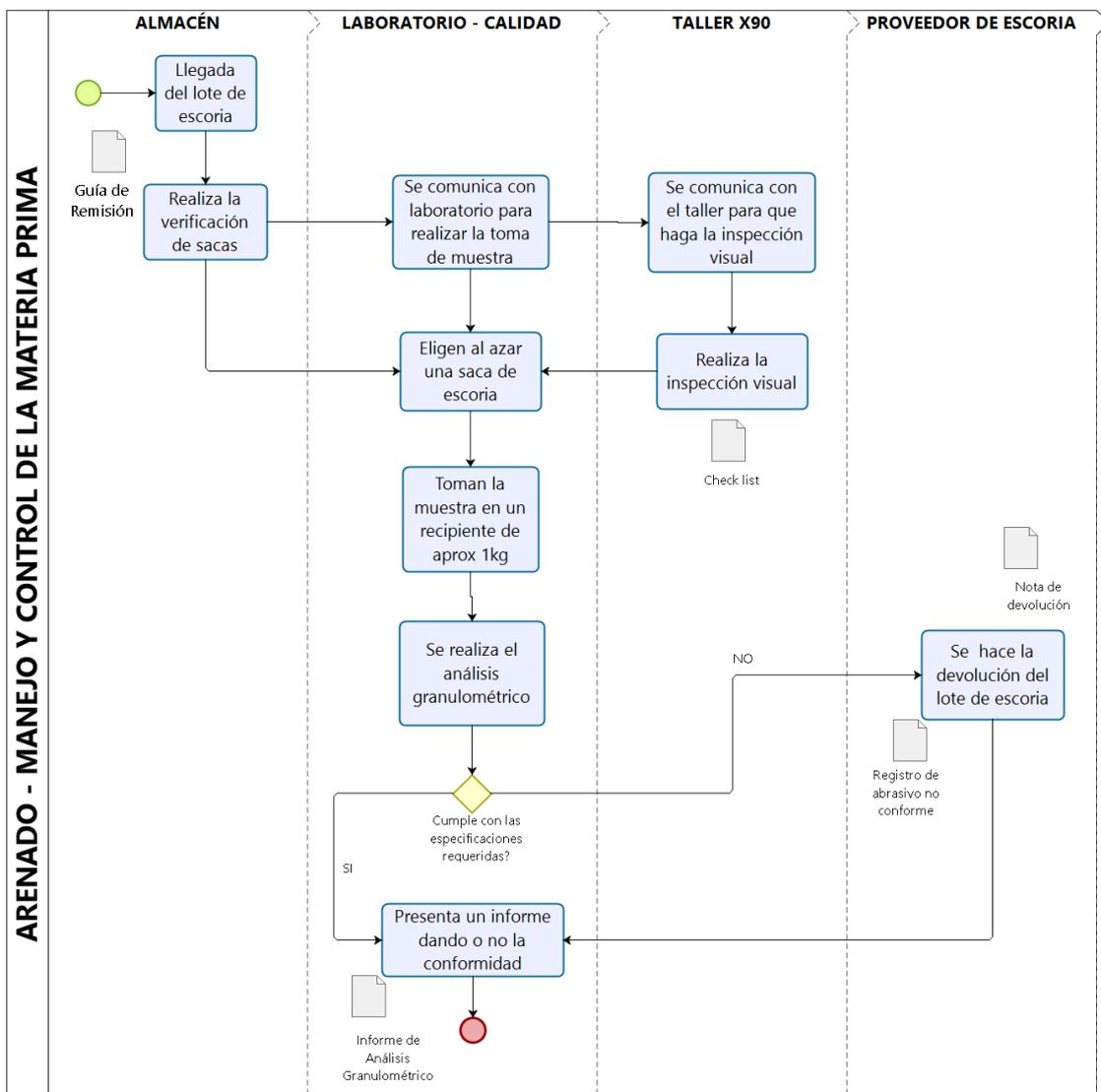


Figura 50. Flujo de Manejo y control de materia prima Propuesto

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Diagrama de Actividades del Proceso Mejorado

Diagrama Nº 2		Hoja Nº 1		RESUMEN				
Proyecto: IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE ARENADO DE EMBARCACIONES EN UN ASTILLERO DEL CALLAO				Actividad	Actual	D (m)	T (hr/m ²)	
Actividad: Arenado de casco buque particular - grado comercial (SA-2)				Operación	1		0.012	
				Inspección	2		0.009	
				Transporte	2	20	0.0078	
				Demora	0		0	
Método: Actual				Operación - Inspección	2		0.0409	
Lugar: Dique Seco del Astillero				Total	7	20	0.0697	
Embarcación: LU YAN YUAN YU 006				Distancia (m)	20			
Área de Embarcación: 1443.153 m ²								
Operarios:								
Compuesto por: Supervisor de Tratam. De Superficies Fecha: 02/08/2019				Arenador Operario (Portalonero)				
Arenador Técnico				Almacenero Maestro (Despacho de escoria)				
Arenador Maestro								
Operador de máquina Maestro (Tolero)								
Arenador Maestro Maniobrista								
Aprobado por: Ing. Diego Giraldo - Encargado del Taller X90				Fecha: 04/08/2019				
Descripción	Distancia (m)	Tiempo (Hr/m ²)	○	□	→	D	⊙	Observación
Inspección Visual de la escoria de cobre a cargo del supervisor del taller		0.007						1 Supervisor
Suministro de escoria de cobre a zona de trabajo	-	0.012						2 operadores de máquina - Maestro (Tolero) 1 Almacenero (Despacho de Escoria)
Traslado e instalación de equipos	10	0.0039						1 Arenador Técnico (Jefe de grupo) 2 Operarios de Máquina - Maestro (Tolero)
Arenado (Obra Viva y Franja de Flotación)	-	0.0239						1 Supervisor - 1 Arenador Técnico - 4 Arenados Maestros - 2 Operarios de Máquina Maestro (Tolero) - 2 Arenadores Maestro (Maniobrista) - 1 Arenador Operario (Portalonero)
Arenado (Obra Muerta)	-	0.017						1 Supervisor - 1 Arenador Técnico - 4 Arenados Maestros - 2 Operarios de Máquina Maestro (Tolero) - 2 Arenadores Maestro (Maniobrista) - 1 Arenador Operario (Portalonero)
Verificación de Rugosidad	-	0.0019						Inspector de Calidad
Desinstalación y traslado de equipos de zona de trabajo al taller	10	0.0039						2 Operarios de máquina Maestro (Maniobrista) 1 Arenador Técnico (Jefe de Grupo)

Fuente: Elaboración propia

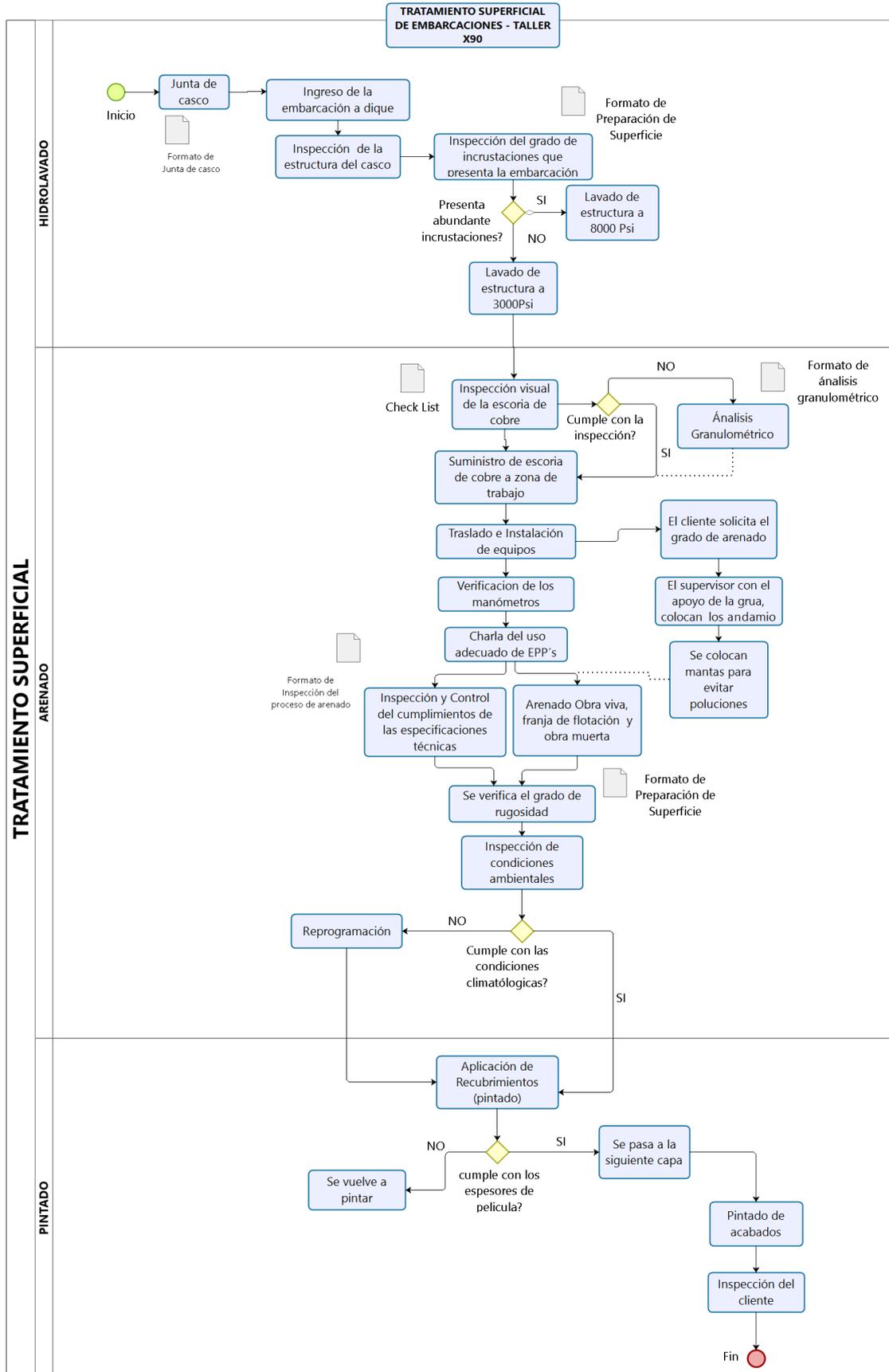


Figura 51. Flujo del Arenado Propuesto

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a las propuestas que se detallaron anteriormente, se planteó una secuencia de tareas en un plan de mejora, mostrado en la tabla 32, que optimizará el proceso de arenado.

Tabla 32. Plan de Mejora (Continúa)

Nº	Acciones de Mejora	Tareas	Responsable de tareas	Plazo	Recursos Necesarios	Responsable de Seguimiento
Mejora en el Sistema de Manejo y Control de Materia Prima						
1	Formalizar el proceso de Inspección Visual mediante la implementación del check list	1.1. Cuando arriba el lote de sacas de escoria al astillero, el técnico del almacén procede a comunicarse con control de calidad (laboratorio), OPCP, OGI y Taller X90. 1.2. El supervisor del taller X90 y el intendente de laboratorio, proceden a elegir al azar una de las sacas de escoria. 1.3 . Se continúa a abrir la saca para observar y palpar la escoria. 1.4. El supervisor del taller con apoyo del check list, va marcando el estado en el que se encuentra la escoria.	Taller X90	1 mes	Escoria de Cobre Check list	Oficina de Planificación y Control de la Producción
2	Establecer un proceso de muestreo de lotes de escoria de cobre para su análisis granulométrico	2.1. Tomar la muestra de agregado (1kg), cada vez que arribe el camión con el lote del abrasivo. 2.2. La cantidad de la muestra de ensayo, luego del secado, será de 300 g mínimo.	Control de Calidad (Laboratorio)	Medio mes	Balanzas Tamices	Oficina de Planificación y Control de la Producción
3	Proceso de rechazo de lote y comunicación con el proveedor	3.1. Si la escoria no cumple con el análisis granulométrico después de 3 muestreos, se procederá a informar y a rechazar la escoria.	Almacén Escoria de Cobre	Medio mes	Escoria de Cobre	Oficina de Planificación y Control de la Producción

Tabla 32. Plan de Mejora (Continúa)

Nº	Acciones de Mejora	Tareas	Responsable de tareas	Plazo	Recursos Necesarios	Responsable de Seguimiento
Estandarización del Proceso de Arenado						
4	Registro sobre los resultados de la junta de casco	4.1 Asistentes a la junta de casco: Jefe de proyecto, Jefe de División de Reparaciones Navales, Representante de la embarcación, Jefe de División Control de Calidad, Jefe Taller X90, Jefe Taller X-77, Jefe Taller X-41, Jefe Taller X-37, Jefe Taller X-32. 4.2 Se determina los trabajos adicionales no contemplados. 4.3 Se realiza un acta de junta de casco, donde todos los asistentes firman.	Superintendencia de Clientes Particulares	Medio mes	Computadora Un analista Útiles de escritorio	Oficina de Planificación y Control de la Producción
5	Establecer una distancia y ángulo de aplicación del arenado	5.1. Se comunica a los operarios los parámetros el ángulo y distancia de aplicación según norma. 5.2. Se capacitan a los operarios sobre los nuevos parámetros.	Taller X90	Medio mes	Norma Equipos y material multimedia	Oficina de Planificación y Control de la Producción
6	Establecer un patrón de aplicado del arenado	7.1. Se comunica a los operarios sobre el patrón de arenado según norma. 7.2. Se capacitan a los operarios sobre los nuevos parámetros.	Taller X90	1 mes	Norma Equipos y material multimedia	Oficina de Planificación y Control de la Producción
7	Inspección periódica al proceso de arenado	7.1 Al comenzar con el proceso, el supervisor del taller y el analista de seguimiento y control de la producción (OPCP), inspeccionan y verifican que los arenadores esten cumplimiento con las especificaciones requeridas. 7.2. Se verifica el cumplimiento de las especificaciones al inicio y durante el proceso. 7.3. Se controla el uso de los nuevos parámetros estandarizados de arenado.	Taller X90	1 mes	Supervisor y Analista Rugosímetro	Oficina de Planificación y Control de la Producción

Tabla 32. Plan de Mejora

Nº	Acciones de Mejora	Tareas	Responsable de tareas	Plazo	Recursos Necesarios	Responsable de Seguimiento
Uso de Equipo de Protección Personal						
8	Establecer charla de 5 minutos antes del proceso de arenado	<p>8.1 El intendente del taller con personal de seguridad, reúne al personal encargado del proceso.</p> <p>8.2 Dan a conocer a la exposición en la que se encontrarán y los peligros y riesgos a los que están expuestos.</p> <p>8.3 Se da a conocer los peligros y riesgos a los que están expuestos, así como el correcto uso de los EPPs.</p>	X90 - X77	Medio mes	Intendente del taller X90 Intendente del departamento de Seguridad	Departamento de Seguridad y Salud en el Trabajo
9	Concientización de la importancia de cada componente de los EPPs	<p>9.1. Se proporcionarán charlas de concientización acerca de la importancia de los equipos de protección personal para la seguridad y comodidad del operador.</p> <p>9.2. Las charlas serán 4 veces al mes.</p>	X90 - X77	Medio mes	Botas de Seguridad Guantes de cuero resistentes Casco para el arenado con alimentación de aire Protección para ojos y auditiva	Departamento de Seguridad y Salud en el Trabajo
10	Proceso seguro de recojo de residuos	<p>10.1. Luego del proceso de arenado, se procederá al recojo de residuos de escoria.</p> <p>10.2. Se utilizan equipos de vacío y se mantiene el uso de EPPs.</p> <p>10.3. Se aspiran los EPPs y vestimenta .</p>	Oficina de Gestión Integrada	3 días	Escoria de Cobre Aspiradora	Oficina de Gestión Integrada

Fuente: Elaboración propia

Asi tambien, se detallan en la tabla 33 los talleres, áreas y departamentos implicados en el plan de mejora.

Tabla 33. Talleres, áreas y departamentos del Astillero

CÓDIGO	NOMBRE
X90	TALLER DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL
X77	DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO
X40	CONSTRUCCIÓN NAVAL
X37	MECÁNICA NAVAL
X32	TUBERIAS Y VÁLVULAS
OPCP	OFICINA DE PLANIFICACION Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN
OGI	OFICINA DE GESTION INTEGRADA

Fuente: Elaboración propia

Para analizar la disminución del nivel de prioridad de riesgo de las funciones del proceso, se evaluaron de acuerdo a las acciones recomendadas los nuevos valores de ocurrencia y detección en el AMEF detallado en la tabla 34.

Como resultado, se obtuvieron los nuevos valores de NPR que indican un riesgo de falla bajo en todas las funciones del proceso.

Finalmente, se muestra en la figura 52 y 53 el cronograma del plan de mejora, con las actividades establecidas y su duración correspondiente, el cual podrá ser llevado a cabo en aproximadamente seis meses.

Tabla 34. AMEF con acciones de mejora

Función del proceso	Falla potencial	Efecto potencial de la falla	Causas potenciales de las fallas	Control actual del proceso	NPR	Acciones Recomendadas	Responsable	Evaluación de la mejora			
								Severiad	Ocurrencia	Detección	NPR
SUMINISTRAR LA ESCORIA	Colocar escoria con defectos	Obstrucción de tolvas. Acabado inadecuado.	Falla de muestreo de lote. Falta de rechazo de lote.	Análisis granulométrico al azar	392	Establecer un plan de muestreo y procedimiento de rechazo de no conformidad.	Jefe Taller X90 Dpto. Control de calidad Almacén	7	2	2	28
TRASLADAR E INSTALAR EQUIPOS	Conectar las mangueras de manera inadecuada	Interrupción del arenado por desprendimiento de manguera	Falta de pericia del operario.	Inspección de instalación de equipos	3						
ARENAR	Areñar con el tipo incorrecto	Acabado inadecuado. Superficie dispereja.	Falta de pericia del operario. Desconocimiento del operario. Carencia de control.	Formato de preparación de superficie. Inspección final.	144	Inspección simultanea. Capacitación sobre la estandarización del proceso.	Jefe de superintendencia de clientes particulares Jefe de Reparaciones Navales Intendente de Taller X90	6	1	3	18
ARENAR	Areñar con el patrón inadecuado	Acabado inadecuado. Superficie dispereja.	Falta de pericia del operario. Desconocimiento del operario. Carencia de control.	Inspección final	336	Inspección simultanea. Capacitación sobre la estandarización del proceso.	Jefe de superintendencia de clientes particulares Jefe de Reparaciones Navales Intendente de Taller X90	6	3	3	54
ARENAR	Areñar con el ángulo de inclinación incorrecto	Rugosidad de la superficie inadecuada. Acabado defectuoso.	Falta de pericia del operario. Desconocimiento del operario. Carencia de control.	Inspección final	384	Inspección simultanea. Capacitación sobre la estandarización del proceso.	Jefe de superintendencia de clientes particulares Jefe de Reparaciones Navales Intendente de Taller X90	6	3	3	54
ARENAR	Areñar con la distancia de aplicación incorrecta	Rugosidad de la superficie inadecuada. Acabado defectuoso.	Falta de pericia del operario. Desconocimiento del operario. Carencia de control.	Inspección final	384	Inspección simultanea. Capacitación sobre la estandarización del proceso.	Jefe de superintendencia de clientes particulares Jefe de Reparaciones Navales Intendente de Taller X90	6	3	3	54
ARENAR	Areñar con la presión incorrecta	Rugosidad de la superficie inadecuada o presencia de incrustaciones. Acabado defectuoso.	Carencia de control	Revisión simultánea de manómetros	36						
ARENAR	Areñar sin protección	Accidente. Mano de obra faltante.	Falta de concietización del operario.	No tiene	450	Procedimiento de chequeo para el uso de EPPs. Capacitación al operario.	Intendente Dpto. SST Jefe Taller X90 Supervisor Taller X90 Jefe de producción	9	1	4	36
RECOJO Y TRASLADO DE EQUIPOS	Falta de limpieza de residuos tóxicos	Contaminación del área de trabajo.	Falta de pericia del operario.	Inspección final	20						

Fuente: Elaboración propia

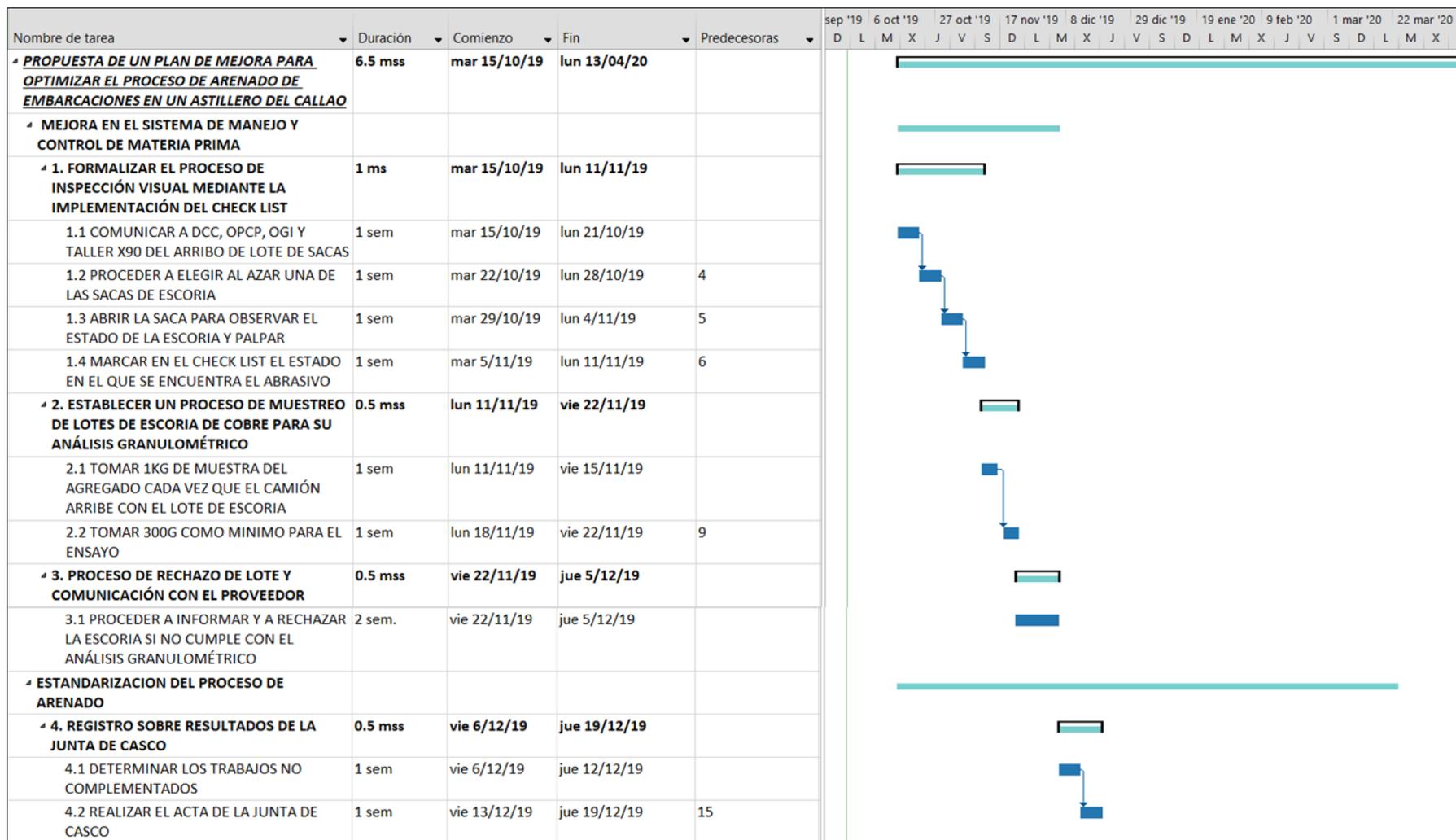


Figura 52. Cronograma del plan de mejora 1-4

Fuente: Elaboración propia

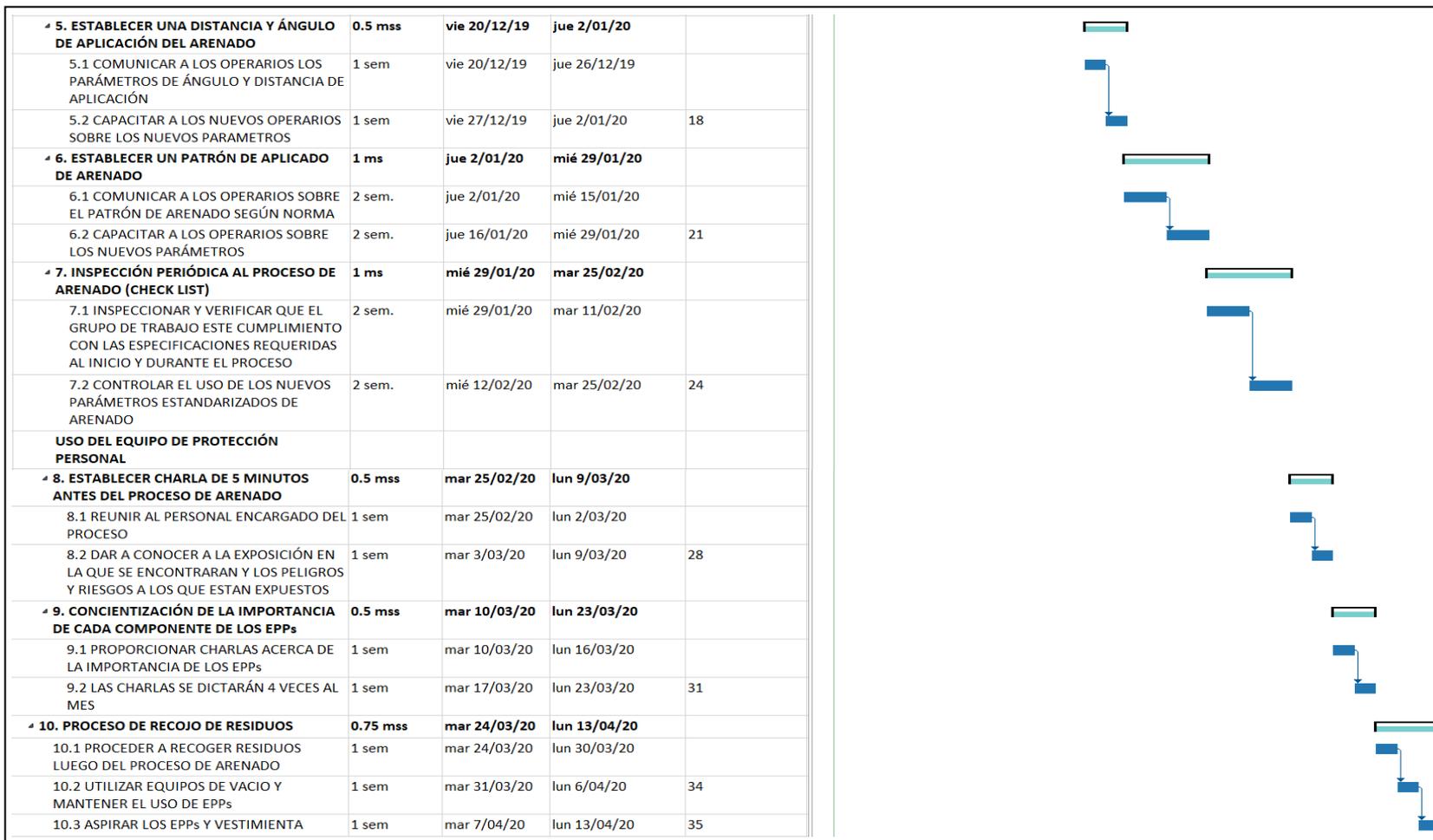


Figura 53. Cronograma del plan de mejora 5-10

Fuente: Elaboración propia

4.3. Presentación de resultados

Se proyectaron datos en base a las propuestas realizadas, la disminución del nivel prioritario de riesgo (NPR) y a resultados de estudios en los cuales se aplicaron planes de muestreo, control de los parámetros de arenado y capacitaciones de seguridad. El periodo corresponde a los meses de abril a septiembre del 2020, luego de la implementación del plan de mejora en seis meses y medio.

En el caso de los defectos de la materia prima, se puede observar en la tabla 35 que para un pronóstico de 120 muestras, 108 cumplirían con las especificaciones técnicas del material. Esto equivaldría a un 90% del total de acuerdo a la figura 54.

Tabla 35. Defectos en la materia prima tras la implementación del plan de mejora

CUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA ESCORIA DE COBRE					
Fecha de Recepción de la Muestra	Cantidad de lotes	Cantidad de muestras	Cumple	No Cumple	Proporción
abril	4.00	20.00	20	0	0
mayo	4.00	20.00	19	1	0.05
junio	4.00	20.00	18	2	0.1
julio	4.00	20.00	17	3	0.15
agosto	4.00	20.00	17	3	0.15
septiembre	4.00	20.00	17	3	0.15
	Total:	120	108	12	

Fuente: Elaboración propia



Figura 54. Porcentaje de defectos de materia prima después de la mejora

Fuente: Elaboración propia

En el análisis de la segunda variable dependiente se obtuvo un total de 6 rechazos de calidad de las 36 inspecciones realizadas en seis meses, como se muestra en la tabla 36. Lo anterior equivale a un 14% del total de inspecciones de acuerdo a la figura 55.

Tabla 36. Rechazos de calidad tras la implementación del plan de mejora

RECHAZOS DEL ACABADO DEL PROCESO DE ARENADO			
Fecha de la Inspección	Cantidad de inspecciones	Cumple	No Cumple
abril	5	4	1
mayo	7	5	2
junio	10	9	1
julio	6	6	0
agosto	5	4	1
septiembre	9	8	1
Total:		36	6

Fuente: Elaboración propia



Figura 55. Porcentaje de rechazos de calidad después de la mejora

Fuente: Elaboración propia

Sobre los accidentes se obtuvo un pronóstico según la tabla 37, en donde se muestra que se registraron 7 accidentes en el proceso de arenado en un periodo de seis meses, siendo estos en su mayoría de tipo respiratorio.

Tabla 37. Accidentes en el arenado tras la implementación del plan de mejora

<i>Accidentes en el arenado</i>								
<i>Tipo</i>	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Total	%
<i>Auditivo</i>	0	0	0	1	0	0	1	4.35
<i>Visual</i>	0	1	0	0	0	1	2	8.70
<i>Respiratorio</i>	2	0	1	1	0	0	4	17.39
<i>Total</i>	2	1	1	2	0	1	7	100.00

Fuente: Elaboración propia

4.4. Análisis de Resultados

De los datos obtenidos por pronóstico anteriormente, junto a los registrados durante el presente año, se desarrolló una base de datos como se muestra en la tabla 38.

Utilizando el programa SPSS versión 25, se procedió a realizar la prueba de las tres hipótesis específicas del presente trabajo de investigación.

Tabla 38. Base de datos pre y post test

Meses	Pre Test			Post Test		
	Defectos	Rechazos	Accidentes	Defectos	Rechazos	Accidentes
Abril	1,00	3	5	0,00	1	2
Mayo	2,00	5	4	0,05	2	1
Junio	0,33	3	4	0,10	1	1
Julio	3,00	1	5	0,15	0	2
Agosto	0,80	2	2	0,15	1	0
Septiembre	4,00	2	3	0,15	1	1

Fuente: Elaboración propia

Para contrastar la hipótesis se necesita primero determinar si los datos tienen un comportamiento paramétrico. Debido a que se utilizaron datos de seis meses, correspondió analizar la normalidad mediante Shapiro Wilk, cuando una muestra es menor a 30 unidades.

La regla de decisión en la prueba de normalidad es la siguiente:

Si $p_{valor} \leq 0,05$, los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico.

Si $p_{valor} > 0,05$, los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico.

Luego, para la contratación de hipótesis, si los datos son paramétricos se realiza la prueba t student para muestras numéricas relacionadas.

La regla de decisión en la prueba t student en la siguiente:

Si $p_{valor} \leq 0,05$, se rechaza la hipótesis nula

Si $p_{valor} > 0,05$, se acepta la hipótesis nula

4.4.1. Análisis de la primera hipótesis específica

Se describen a continuación la Hipótesis nula (H_0) y la Hipótesis Alterna (H_1) de la primera hipótesis específica.

H_0 : Si se implementa un sistema de manejo y control de materia prima no se reducirán los defectos de la materia prima en el proceso de arenado de embarcaciones en un astillero.

H_1 : Si se implementa un sistema de manejo y control de materia prima se reducirán los defectos de la materia prima en el proceso de arenado de embarcaciones en un astillero.

Se introdujeron los datos de los defectos en la materia prima, antes y después del plan de mejora y se realizó la prueba de normalidad Shapiro Wilk, obteniendo los resultados presentados en la tabla 39.

Tabla 39. Prueba de normalidad de los defectos de materia prima pre y post test

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Defectos Pre	,226	6	,200 [*]	,930	6	,582
Defectos Post	,285	6	,138	,831	6	,110

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, los valores de los defectos en el pre y post test son de 0,582 y 0,110 respectivamente.

$$\text{Pre test: } 0,582 > 0,05$$

$$\text{Post test: } 0,110 > 0,05$$

Por lo tanto, los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico y provienen de una distribución normal.

Finalmente, se realizó la Prueba T Student, utilizando los datos mencionados anteriormente y se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 40.

Tabla 40. Prueba t student de los defectos de materia prima pre y post test

		Prueba de muestras emparejadas								
		Diferencias emparejadas				95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	Inferior	Superior				
Par 1	Defectos Pre - Defectos Post	1,75500	1,39590	,56988	,29009	3,21991	3,080	5	,027	

Fuente: Elaboración propia

Se muestra una significancia de 0,027. Siguiendo la regla de decisión $0,027 \leq 0,05$, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1) que establece que si se implementa un sistema de manejo y control de materia prima se reducirán los defectos de la materia prima en el proceso de arenado de embarcaciones en un astillero.

4.4.2. Análisis de la segunda hipótesis específica

Se describen a continuación la Hipótesis nula (H_0) y la Hipótesis Alterna (H_1) de la segunda hipótesis específica.

H_0 : Si se implementa la estandarización del proceso de arenado no se reducirán los rechazos de calidad del arenado de embarcaciones en un astillero.

H_1 : Si se implementa la estandarización del proceso de arenado se reducirán los rechazos de calidad del arenado de embarcaciones en un astillero.

Se introdujeron los datos de los rechazos de calidad, antes y después del plan de mejora y se realizó la prueba de normalidad Shapiro Wilk, obteniendo los resultados presentados en la tabla 41.

Tabla 41. Prueba de normalidad de los rechazos de calidad pre y post test

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Rechazos Pre	,237	6	,200*	,927	6	,554
Rechazos Post	,333	6	,036	,827	6	,101

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, los valores de los rechazos en el pre y post test son de 0,554 y 0,101 respectivamente.

$$\text{Pre test: } 0,554 > 0,05$$

$$\text{Post test: } 0,101 > 0,05$$

Por lo tanto, los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico y provienen de una distribución normal.

Finalmente, se realizó la Prueba T Student, utilizando los datos mencionados anteriormente y se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 42.

Tabla 42. Prueba t de student de los rechazos de calidad pre y post test

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Rechazos Pre - Rechazos Post	1,667	,816	,333	,810	2,524	5,000	5	,004

Fuente: Elaboración propia

Se muestra una significancia de 0,004. Siguiendo la regla de decisión $0,004 \leq 0,05$, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1) que establece que si se implementa la estandarización del proceso de arenado se reducirán los rechazos de calidad del arenado de embarcaciones en un astillero.

4.4.3. Análisis de la tercera hipótesis específica

Se describen a continuación la Hipótesis nula (H_0) y la Hipótesis Alternativa (H_1) de la tercera hipótesis específica.

H_0 : Si se implementan los EPPs no se reducirán los accidentes en el proceso de arenado de embarcaciones en un astillero.

H_1 : Si se implementan los EPPs se reducirán los accidentes en el proceso de arenado de embarcaciones en un astillero.

Se introdujeron los datos de la cantidad de accidentes, antes y después del plan de mejora y se realizó la prueba de normalidad Shapiro Wilk, obteniendo los resultados presentados en la tabla 43.

Tabla 43. Prueba de normalidad de los accidentes en el arenado pre y post test

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Accidentes Pre	,223	6	,200 [*]	,908	6	,421
Accidentes Post	,254	6	,200 [*]	,866	6	,212

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, los valores de los rechazos en el pre y post test son de 0,421 y 0,212 respectivamente.

$$\text{Pre test: } 0,421 > 0,05$$

$$\text{Post test: } 0,212 > 0,05$$

Por lo tanto, los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico y provienen de una distribución normal.

Finalmente, se realizó la Prueba T Student, utilizando los datos mencionados anteriormente y se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 44.

Tabla 44. Prueba t de student de los accidentes en el arenado pre y post test

		Prueba de muestras emparejadas							
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
			Inferior	Superior					
Par 1	Accidentes Pre - Accidentes Post	2,667	,516	,211	2,125	3,209	12,649	5	,000

Fuente: Elaboración propia

Se muestra una significancia de 0,000. Siguiendo la regla de decisión $0,000 \leq 0,05$, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1) que establece que si se implementan los EPPs se reducirán los accidentes en el proceso de arenado de embarcaciones en un astillero.

Con los resultados obtenidos, se demostró estadísticamente que la propuesta es factible y viable para su implementación.

CONCLUSIONES

1. Si se implementa la propuesta del plan de mejora se logrará la reducción del nivel prioritario de riesgo de las fallas potenciales en el proceso de arenado de embarcaciones en un astillero del Callao, lo cual produce una optimización de la operación.
2. Mediante la implementación de un sistema de manejo y control de materia prima se reducirán de manera significativa los defectos en la escoria de cobre en 38%, es decir del 48% al 10% después de los seis meses de desarrollo del plan de mejora.
3. Luego de la recolección de información se obtuvo un 29% de rechazos del arenado por calidad y tras la implementación de la estandarización del proceso se obtuvo un resultado del 14%, es decir que habrá una reducción del 15% luego de seis meses de desarrollo del plan de mejora,
4. La implementación de EPPs, como parte del desarrollo del plan de mejora en seis meses, reducirá en 70% la cantidad de accidentes en el proceso de arenado, habiéndose registrado 23 accidentes durante la recolección de información y obteniendo un total de 7 accidentes tras la proyección.

RECOMENDACIONES

1. Ejecutar el plan de mejora en el proceso de arenado del Tratamiento de Superficies del astillero, el cual también se propone que se difunda a las demás áreas de la empresa para evaluar sus resultados.
2. Poner en práctica el Sistema de Manejo y Control de materia prima para reducir los defectos presentes en la escoria de cobre y de esta manera conseguir mejores acabados tras el arenado de las embarcaciones.
3. Llevar a cabo la Estandarización del proceso de arenado para reducir los rechazos por calidad y así permitir que el proceso de pintado reciba a las embarcaciones con una superficie que cumpla con las especificaciones técnicas.
4. Se recomienda implementar el uso de EPPs para reducir los accidentes durante el proceso de arenado y de esta manera mejorar las condiciones laborales en el área de trabajo.
5. En base a lo observado, también se recomienda una investigación de tesis sobre el desarrollo y evaluación del proveedor de materia prima para asegurar aún más la calidad de la escoria de cobre.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aiteco Consultores. (2019). *Planes de mejora*. Obtenido de <https://www.aiteco.es>
- Alayo, R., & Becerra, A. (2014). *Implementación del plan de mejora continua en el área de producción aplicando la metodología PHVA en la empresa Agroindustrias Kaizen*. (Tesis de pregrado), Universidad San Martín de Porres, Lima, Perú. Obtenido de <http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/handle/usmp/1258>
- Blasting. (2009). *La seguridad en tareas de arenado y granallado*. Buenos Aires, Argentina. Obtenido de <http://www.blasting.com.ar>
- Bonilla, E., Díaz, B., Kleeberg, F., & Noriega, M. (2012). *Mejora continua de los procesos: Herramientas y técnicas*. Lima, Perú: Fondo Editorial de la Universidad de Lima.
- CYM Materiales. (2015). *Informe Técnico de Preparación de Superficie – Norma SSPC*. Recuperado el 21 de agosto de 2019, de <https://cym.com.ar>
- CYM Materiales. (2016). *Equipos de protección de operario: La seguridad en tareas de Granallado y Arenado*. Obtenido de <https://cym.com.ar>
- Drisko, R., & Palmer, F. (2005). *Unidad 3 Preparación de la superficie para el pintado. Fundamentos de recubrimientos protectores para estructuras industriales*. Lima, Perú: CPPQ.
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill Education.
- Herrera, M. (2017). *Propuesta de un modelo de optimización de recursos para mejorar la eficiencia en el proceso de transformación del plástico*. (Tesis de pregrado), Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/15631>
- Hoyle, C., & Jave, K. (2019). *Análisis modal de fallos y efectos potencial para un plan de control dimensional de los procesos de arenado y pintado en la empresa L & S NASSI S.A.C., 2018*. (Tesis de pregrado), Universidad Privada Antenor Orrego, La Libertad, Perú. Obtenido de <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/4761>

- ISO. (2015). *ISO 9000:2015 Sistemas de gestión de la calidad — Fundamentos y vocabulario*. Londres, Reino Unido. Recuperado el 25 de Julio de 2019
- Lean Solutions. (2019). *AMEF Análisis de Modo y Efecto de Falla*. Obtenido de <http://leansolutions.co>
- NTP. (2001). Norma Técnica Peruana. *Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Lima, Perú.
- Paredes, M., & Reynoso, N. (2016). *Propuesta de mejora para reducir las no conformidades en el proceso de envasado de leche UHT en bolsa aplicando la herramienta AMFE*. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2575>
- RAE. (2018). *Diccionario de la Real Academia Española*. Recuperado el 08 de septiembre de 2019, de www.rae.es
- Rodriguez, O. (2018). *Propuesta de mejora del reglamento en seguridad y salud en el trabajo aplicado al mantenimiento de embarcaciones – Constructora Balta S.R.L.* (Tesis de pregrado), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3828>
- Sabaria, E. (2017). *Estudio de la influencia de los parámetros del proceso de sandblast sobre acabado superficial de placas metálicas de acero AISI 1018. Caso de estudio: Construcciones Industriales Tapia*. (Tesis de postgrado), Centro de Tecnología Avanzada, Hidalgo, México. Obtenido de <https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1020/103>
- Salazar, B. (2016). *Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF)*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com>
- Sociedad Latinoamericana para la Calidad. (2000). *Cinco Por Qué*s. Obtenido de <http://sigc.uqroo.mx>

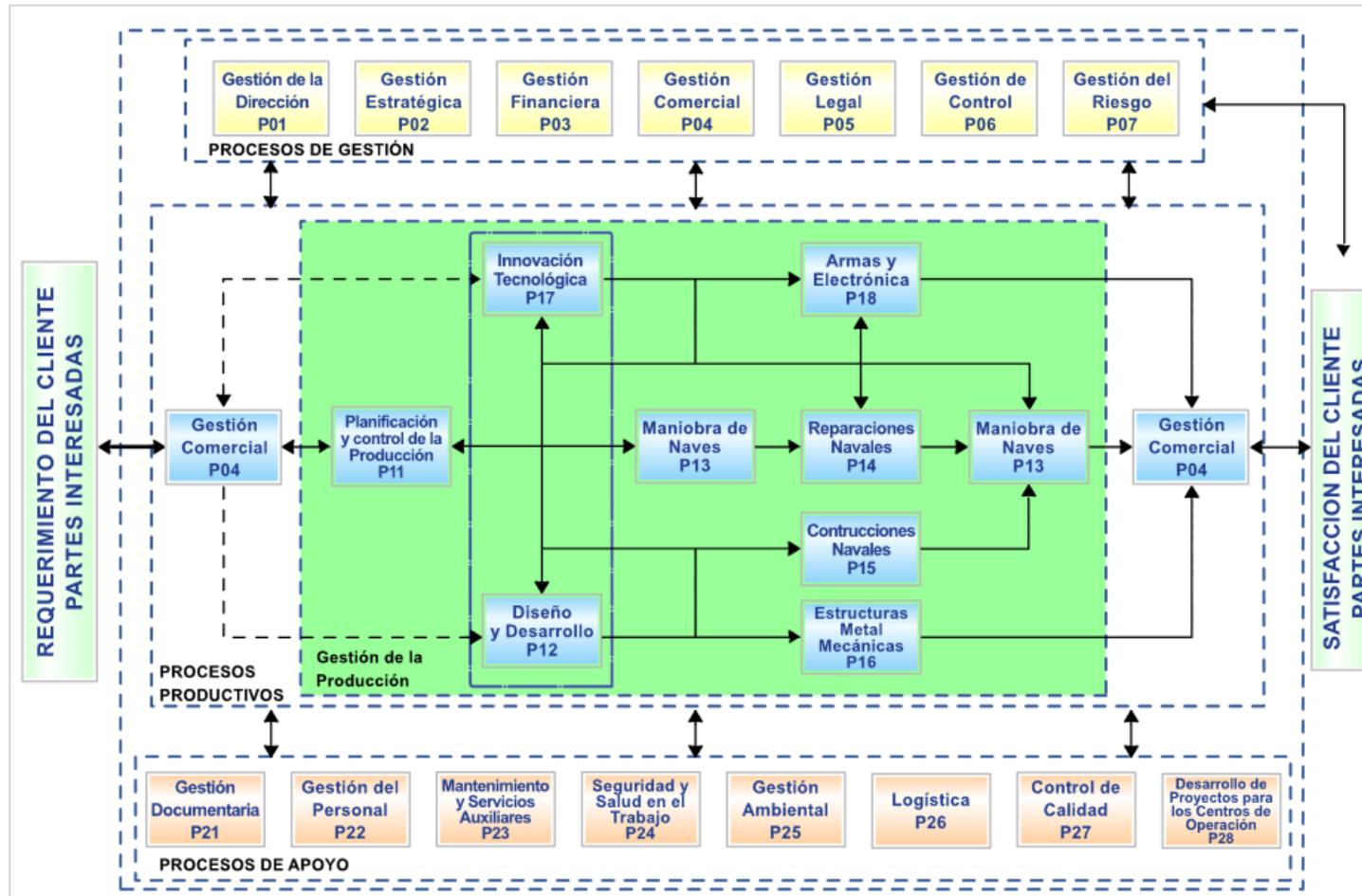
ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADOR VI	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADOR VD
General	General	General				
¿De qué manera la propuesta de un plan de mejora permitirá optimizar el proceso de arenado de embarcaciones en un astillero?	Proponer un plan de mejora que permita optimizar el proceso de arenado de embarcaciones en un astillero.	La propuesta de un plan de mejora permite optimizar el proceso de arenado de embarcaciones en un astillero.	Plan de mejora		Proceso de arenado	
Específicos	Específicos	Específicas				
¿De qué manera un sistema de manejo y control de materia prima permitirá reducir defectos de la materia prima en el proceso de arenado de embarcaciones en un astillero?	Desarrollar un sistema de manejo y control de materia prima para reducir defectos de la materia prima en el proceso de arenado de embarcaciones en un astillero.	Si se implementa un sistema de manejo y control de materia prima se reducirán los defectos de la materia prima en el proceso de arenado de embarcaciones en un astillero.	Sistema de manejo y control de materia prima	Sí/No	Reducción de defectos de materia prima	% Defectos de materia prima
¿De qué manera la estandarización del proceso de arenado permitirá reducir rechazos de calidad del arenado de embarcaciones en un astillero?	Desarrollar la estandarización del proceso de arenado para reducir rechazos de calidad del arenado de embarcaciones en un astillero.	Si se implementa la estandarización del proceso de arenado se reducirán los rechazos de calidad del arenado de embarcaciones en un astillero.	Estandarización del proceso de arenado	Sí/No	Reducción de rechazos por calidad	% Rechazos por calidad
¿De qué manera la implementación de EPPs permitirá reducir accidentes en el proceso de arenado de embarcaciones en un astillero?	Desarrollar la Implementación de EPPs para reducir accidentes en el proceso de arenado de embarcaciones en un astillero.	Si se implementan los EPPs se reducirán los accidentes en el proceso de arenado de embarcaciones en un astillero.	Implementación de EPPs	Sí/No	Reducción de accidentes	% Accidentes

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Mapa de procesos del Astillero



Fuente: Astillero. Dpto. Dirección Ejecutiva.

Anexo 3. Formato de preparación de superficies

FORMATO			Código:	F-14-X90-08-SC	
PREPARACIÓN DE SUPERFICIES			Versión	5	
			Fecha:	13/06/2008	
			Página:	1	
Sector:		Jefe de Proyecto:			
Dique:		Fecha:			
	Obra Viva	Franja de Flotación	Obra muerta	Encargado	Observaciones
Condiciones de la Superficie					
Aceite de residuos o grasa					
Contaminación con sal marina					
Oxidación - Incrustaciones					
Pintura Cuarteada					
Preparación de la Superficie					
Rasqueteo					
Lavado:		Presión (psi):			
Arenado					
Grado de Arenado	Presión (psi)	Abrasivo			
Sa 1.0					
Sa 2.0					
Sa 2.5					
Granallado de planchas					
Grado de rugosidad promedio					
<p>.....</p> <p>Jefe de Taller</p> <p>.....</p> <p>Jefe de Proyecto</p> <p>.....</p> <p>Jefe de División</p>					

Fuente: Astillero. Taller X90 de Tratamiento de Superficie. Año 2008.

Anexo 4. Flujo del Tratamiento de Superficie de la empresa

Nº	Flujograma	Responsable	Registro	Descripción
1	<pre> graph TD A[Inicio] --> B[Planificación de Actividades] </pre>	SI-JP SI-JTX90	Cuaderno de control de mano de obra	<p>El Jefe de Proyecto remite al Taller X90, la Orden de Trabajo (generada por la DPCP) y el cronograma de trabajos.</p> <p>El Jefe de Taller programa las actividades de tratamiento de superficie de acuerdo a lo planificado en el cronograma remitido por el Jefe de Proyecto.</p>
2	<pre> graph TD B --> C[Ejecución del tratamiento de superficies] </pre>	SI-JTX90 SI-JTX90 SI-JTX90	- F-14-X90-01-SI Arenado de Embarcaciones	<p>De acuerdo a lo planificado se procede a llevar los materiales y equipos de arenado a la zona en la cual se ejecutará el trabajo de arenado.</p> <p>Se ejecuta el tratamiento de superficies de acuerdo a las especificaciones técnicas indicadas en el Anexo "B".</p> <p>Se registra este dato en el formato F-14-X90-01-SI Arenado de Embarcaciones.</p> <p>Para el caso del arenado se aplica a una presión equivalente de 80-100 PSI con una distancia de aplicación entre 18 a 12 pulgadas para crear una profundidad (rugosidad) 1 a 3 Mils (25 a 75 micrones) en planchas arenadas al metal blanco, según Normas SSPC-PA2, en espesores de pintura de 3 a 10 Mils (epóxica y alquídica).</p> <p>Excepcionalmente para espesores mayores de 10 a más Mils se podrá calcular la rugosidad a 1/3 sobre el espesor total de la pintura.</p>
3	<pre> graph TD C --> D[Verificación de parámetros] </pre>	SI-JDCC SI-JTX90	- F14-X90-01-SI Arenado de Embarcaciones	<p>Se verifica el cumplimiento de las especificaciones de arenado, teniendo en cuenta las normas Técnicas para tratamiento de superficies enunciadas en el anexo "A".</p> <p>Se registra los resultados en el formato F-14-X90-01-SI Arenado de Embarcaciones.</p>
	<pre> graph TD D --> E[Fin] </pre>			

Fuente: Astillero. Área de Gestión Integrada. Año 2016.

Anexo 5. Resultado de análisis granulométrico

ASTILLERO	FORMATO	Código:	F-27-LAB-05-SC
		Versión:	05
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE ESCORIA UTILIZADA COMO ABRASIVO	Fecha:	11-01-17
		Página:	1 - 1

Informe LQ-2019-002b

Fecha: 25/03/2019

1. Usuario : J.O.L SIMAC
2. Muestra : Escoria de Cobre O/C -19-0213
3. Referencia : **[en espera de la HCA]**
4. Fecha recep. muestra Lab. : 22/03/2019
5. Fecha de prueba : 25/03/2019
6. Realizado por : Ing. Joycy Pinchi
7. Método de referencia : ASTM C 136
8. Cuadro de Resultados :

Prueba				Especificación del tamaño de grano proporcionado por DD Y TS (X-90)	
Granulometría		Resultados		Malla Abertura (mm)	% Acumulado
Nº de Malla ASTM	Apertura Malla (mm)	% Retenido	% Acumulado		
6	3,36	1.41	1.41		
12	1,68	28.01	29.42		
20	0,84	60.89	90.31	4.76 - 0.84	95% mínimo
30	0,59	6.65	96.96	< 0.80	5%
40	0,42	1.90	98.86		
50	0,297	0.64	99.49		
70	0,210	0.26	99.76		
100	0,149	0.110	99.87		
> 270	0,044	0.09	99.96		
Indice de Finura			11.6907		

Nota.- Los resultados de los análisis dependerán de las condiciones en que las muestras hayan sido tomadas, manipuladas, conservadas y enviadas al laboratorio.

9. Conclusión:

La muestra de Esoria **NO CUMPLE** con el tamaño de grano recomendado por la División de Diques X-90, el cual debe tener un % acumulado de 95 % mínimo para una malla ASTM Nº 20.

10. Recomendaciones:

.....
Intendente de Laboratorio
Ing. Joycy Pinchi Salas
Intendente Laboratorio
Químico

.....
Jefe Div. Control de Calidad

.....
VºBº

Av. Cal. José E. DE MORA Nº 1102 Base Naval – Callao
Teléfono 41-31100 ANEXO 1596 – 1573 Telefax: 4131117

Anexo 6. IPERC de las tareas de arenado

IDENTIFICACION DE ACTIVIDADES			IDENTIFICACION DE PELIGROS Y RIESGOS			EVALUACION INICIAL			CONTROLES PROPUESTOS EN	CONTROLES EXISTENTES O
Tarea	Lugar de trabajo	Tipo de actividad (Rutinaria, No Rutinaria, Emergencia)	Peligro	Riesgo		Probabilidad (P)	Severidad (S)	Grado de riesgo R= P x S	Controles a implementar (propuesto y de acuerdo a Jerarquía de controles)	Controles existentes o implementados, luego de la evaluación inicial.
				Evento peligroso	Daños a las personas				EPP (E)	Descripción del control físico o de ingeniería, EPP,
Arenado en casco obra viva, muerte, superestructuras y cubiertas	Exterior e interior de embarcación	No Rutinaria	Ruido >85 dB	Exposición a ruido >85 dB	Lesiones Auditivas Hipoacusia	3	4	12	Estándar de EPPs DG-DES 24-01 Protectores Auditivos	Estándar de EPPs DG-DES 24-01 Protectores Auditivos
	Exterior de la embarcación	Rutinaria	Material particulado (Silice, Hierro) suspendido	Inhalación de material particulado	Fibrosis pulmonar, asfias Alergias a la piel	3	4	12	Estándar de EPPs DG-DES 24-01 Respirador de media cara con filtro para polvo	Evaluar nuevos sistemas de tratamiento de superficie menos contaminantes. Instalación de lonas antipolución alrededor de la estructura a ser arenada antes de los trabajos de arenado y Uso de arena de granulometría según especificación técnica Estándar de EPPs DG-DES 24-01 Respirador de media cara con filtro para polvo
	Exterior de la embarcación	Rutinaria	Material particulado proyectado o suspendido	Exposición a proyección de material particulado suspendido	Irritación oftálmica, Incrustación de partículas a la vista	2	3	6	Estándar de EPPs DG-DES 24-01 Lentes panorámicos	Estándar de EPPs DG-DES 24-01 Lentes panorámicos

Fuente: Dpto. Seguridad y Salud Ocupacional. Año 2019.

Anexo 7. Validación de Instrumentos de Recolección de Datos



**UNIVERSIDAD
RICARDO PALMA**

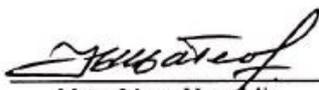
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Industrial
Programa de Titulación por Tesis

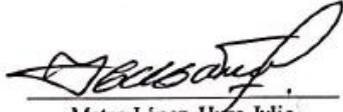
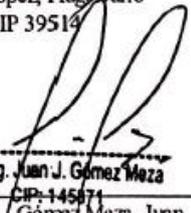
Validación de Instrumentos de Recolección de Datos

Tesis: Propuesta de un plan de mejora para optimizar el proceso de arenado de embarcaciones en un Astillero del Callao

Realizado por: Chirinos Cubillas, Gloria Fátima Firma: 
Hidalgo Sánchez, Arantza Fiorella Firma: 

Instrumento	Descripción	1era Validación		2da Validación		3era Validación	
		Sí	No	Sí	No	Sí	No
1. Registro de Observación sobre el proceso de arenado	Para conocer la situación actual del proceso de arenado	X		X		X	
2. Registro del Análisis Granulométrico e Inspección Visual	Para contabilizar la cantidad de defectos de la escoria de cobre	X		X		X	
3. Registro de contenido del documento de Verificación de Calidad	Para contabilizar la cantidad de rechazos de calidad	X		X		X	
4. Registro de contenido del documento de Informe de Accidente	Para contabilizar la cantidad de accidentes durante el proceso	X		X		X	

Revisado por: 
Mateo López, Hugo Julio
CIP 39514

Validado por:   
Mateo López, Hugo Julio Mg. Ing. Juan J. Gómez Meza DIEGO GIRALDO VEGA
CIP 39514 CIP: 145871 INGENIERO QUÍMICO
Reg. CIP N° 166496

Fuente: Elaboración propia

Anexo 8. Registro de Observación sobre el proceso de arenado

REGISTROS DE OBSERVACIÓN SOBRE EL PROCESO DE ARENADO				
Embarcación: _____		Fecha: _____		
Manejo de la Escoria de Cobre				
N°	Acciones a evaluar	SÍ	NO	Observaciones
1	Se realizó inspección visual	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Se realizó análisis granulométrico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Se presentó guía de remisión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Proceso de Arenado				
N°	Acciones a evaluar	SÍ	NO	Observaciones
1	La presión es la adecuada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	La distancia promedio entre la boquilla y superficie es la correcta. SSPC 5 - 12 Pulgadas ~30.48 cm SSPC 10 - 14 Pulgadas ~35.56cm SSPC 6 - 18 Pulgadas ~45.72 cm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	El patrón de aplicación es el correcto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	El ángulo de aplicación oscila entre los 60° y 70°	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Uso de EPPs				
N°	Acciones a evaluar	SÍ	NO	Observaciones
Arenadores				
1	El personal cuenta con el uniforme correcto (traje de protección de cuero frontal, botas de seguridad y guantes de protección).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	El personal cuenta con casco con filtro de aire.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Personal de apoyo				
3	El personal cuenta con los tapones correspondientes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	El personal cuenta con los lentes adecuados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	El personal cuenta con el filtro correcto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 9. Registro del Análisis Granulométrico e Inspección Visual

Registro del Análisis Granulométrico e Inspección Visual

Responsable: _____

Mes: _____

Indicación: Si en el registro, la inspección visual presenta de 1 a más check's, no cumplirá con lo requerido.

N°	Fecha	Muestra	Check List							Resultado	
			Análisis Granulométrico		Inspección Visual					Cumplimiento	
			% Acumulado Malla 20 (Estándar >= 95%)	Tamaño inadecuado	Presencia de polvo	Olor irregular	Presencia de humedad	Forma irregular	Dureza inadecuada	SÍ	NO
01											
02											
03											
04											
05											
06											
07											
08											
09											
10											
Total											

Firma del responsable

Fuente: Elaboración propia

Anexo 10. Registro de contenido del documento de Verificación de Calidad

Registro de contenido del documento de Verificación de Calidad

Responsable: _____

Mes: _____

Indicación: Si en el registro, la inspección visual presenta de 1 a más check's, no cumplirá con lo requerido.

N°	Fecha	Embarcación	Check List				Resultado		
			Resultado del rugosímetro		Inspección Visual			Cumplimiento	
			Rugosidad (Estándar 3 - 3.5 mils)	Rugosidad adecuada	Superficie irregular	Falta de arenado	Superficie con insrustraciones	SÍ	NO
01									
02									
03									
04									
05									
06									
07									
08									
09									
10									
11									
12									
Total									

Firma de Responsable

Fuente: Elaboración propia

Anexo 11. Registro de contenido del documento de Informe de Accidente

Registro de contenido del documento de Informe de Accidente

Responsable: _____ Mes: _____

Instrucción: Se contabilizará la cantidad y motivos de accidentes registrados.

N°	Fecha	Operario		Motivo	Observación
		Arenador	Apoyo		
01					
02					
03					
04					
05					
06					
07					
08					
09					
10					
11					
12					
13					

Total

Firma de Responsable

Fuente: Elaboración propia