

**DISEÑO DE DOCUMENTO MAESTRO PARA IMPLEMENTACIÓN DEL TPM EN  
LA CABINA DE GRANALLADO DE INDUSTRIAS CENO S.A.**

**LUIS FERNANDO MONTOYA MENDIVELSON**

**JAVIER BALTAZAR TOBÓN BETANCUR**

**LILIANA YEPES TEJADA**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE PRODUCCIÓN Y DISEÑO  
TECNOLOGÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL  
MEDELLÍN  
2013**

**DISEÑO DE DOCUMENTO MAESTRO PARA IMPLEMENTACIÓN DEL TPM EN  
LA CABINA DE GRANALLADO DE INDUSTRIAS CENO S.A.**

**LUIS FERNANDO MONTOYA MENDIVELSON  
JAVIER BALTAZAR TOBÓN BETANCUR  
LILIANA YEPES TEJADA**

**Trabajo de grado para optar al título de Tecnólogos (a) en Producción  
Industrial**

**Asesor  
WALTER ALEXANDER GÓMEZ ZAPATA  
Ingeniero Industrial**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE PRODUCCIÓN Y DISEÑO  
TECNOLOGÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL  
MEDELLÍN  
2013**

**Nota De Aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma Del Presidente del Jurado**

---

**Firma Del Jurado**

---

**Firma Del Jurado**

**Medellín, Noviembre 15 de 2013**

## **DEDICATORIA**

En primer lugar, quiero dedicarle a Dios este trabajo de grado, por guiarme en la vida y permitirme llegar al punto donde me encuentro hoy, a mi esposa Liliana María Arango Moreno, mis hijos Laura y Felipe Montoya Arango por apoyarme en todo momento de mi carrera.

**Luis Fernando Montoya Mendivelson**

Dedico este trabajo de grado, antes que nada a Dios, por guiarme y ayudarme día a día a cumplir las metas que me he propuesto hasta hoy, a mi mamá Liney Tejada López especialmente, ya que ella ha sido mi apoyo siempre y no me dejó desfallecer en ningún momento, ha cumplido con el papel de padre, madre, confidente y amiga, a mis hermanas Sandra Domínguez Tejada, Saray Domínguez Tejada y a mi hija, mi princesa hermosa Shadia Sierra Yepes, quien ha tenido que crecer lejos de mí, para yo poder lograr este triunfo en mi vida.

A mi novio Luis Fernando Reyes, quien ha trasnochado conmigo para lograr mis objetivos y me ha apoyado al máximo, a mis amigos Javier Tabón Betancur y Fernando Montoya Mendivelson, a quienes aprecio mucho.

Por último, quiero dedicar este trabajo a la Memoria de Mi padre Fernando de Jesús Yepes Méndez, a quien siempre llevo en mi mente y corazón.

**Liliana Yepes Tejada**

Sin lugar a dudas dedico este momento a Dios, quien me ha dado la salud, el tiempo y las facultades mentales, para terminar satisfactoriamente esta carrera; a mi esposa Cruz Elena Carvajal, a pesar de muchas dificultades y contratiempos me apoyó para que realizara mis estudios, sacrificando parte de su tiempo al igual que a mis hijos Javier Andrés, Agine Katherine y Sara Isabel Tobón Carvajal.

A la empresa Indural S.A. que me apoyó con tiempo y recursos económicos y en especial al ingeniero Daniel Gómez Ceballos, Director de Cantera.

A mis hermanos, el escritor David Ben Elohim y Sofía Elena Tobón Betancur, Jefa de cartera en el Colegio Vermont.

Por último y por supuesto a la persona más importante para mí en este planeta que estoy seguro, se sentirá muy orgullosa de su nene o Lalo, mi mamá Lucy Betancur Correa.

**Javier Baltazar Tobón Betancur**

## **AGRADECIMIENTOS**

Sería inapropiado pensar este momento, sin expresar un agradecimiento muy especial a Dios, por guiarme en la vida y permitirme llegar al punto donde me encuentro hoy.

A mis jefes en la empresa *INDUSTRIAS CENO S.A.*, la Doctora: Ángela María Sierra Muñoz gerente Administrativa de Gestión Humana, ingeniero Santiago Bravo Montoya gerente técnico de operaciones y el ingeniero Juan Vicente Sánchez Rodríguez, líder de manufactura I&C, por brindarme todo su apoyo y colaboración, para hacer posible este proyecto.

También quiero agradecer a todos los docentes de la Institución Universitaria Pascual Bravo que me ayudaron y me orientaron para ser realidad esta carrera.

**Luis Fernando Montoya Mendivelson**

Quiero expresar un agradecimiento muy especial a Dios, por guiarme y permitirme llegar a esta instancia determinante de mi vida, a la empresa *INDUSTRIAS CENO S.A.*, por permitirnos realizar este trabajo y confiar en nuestro profesionalismo.

Son muchas las personas que han formado parte en el crecimiento de mi vida profesional, a las que les gustaría agradecerles por su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo, otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí vida, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

**Liliana Yepes Tejada**

Hoy ha llegado el día esperado, en que muchas veces se presenta el cuestionamiento “a quien dar el agradecimiento, por poder cumplir con los objetivos”, que cuatro años atrás me había propuesto. Indiscutiblemente e independiente de la afinidad religiosa, espiritual o moral que cada persona que lea este texto tenga, es para mí, DIOS en la forma en que cada quien lo conciba, a quien debo agradecer. En cuatro años, fueron demasiados los obstáculos que hubo que evadir, compañeros que se retiraron, otros que por su capacidad y tiempo adelantaron materias, enfermedades que nos agobiaron durante el proceso, pérdida de seres queridos, incluso dificultades y adversidades del trabajo que desempeña cada uno y que en su momento esta serie de apuros, fueron tentación para retirarme del proceso educativo, es por eso que este mérito no es mío sino de DIOS.

Aquí realmente quiero agradecer a las personas o instituciones, que hicieron posible llevar a feliz término el trabajo de grado, que evalúan parte de los conocimientos adquiridos durante toda la carrera.

Sin lugar a dudas es *INDUSTRIAS CENO S.A.* la empresa a la que debo en primera instancia mi gratitud y automáticamente al ingeniero Santiago Bravo Montoya, Gerente Técnico de Operaciones de la empresa, ya que sin su confianza en el equipo de trabajo, hubiese sido imposible llevar a cabo la realización de este documento.

Por su puesto, el ingeniero Walter Alexander Gómez con su disciplina y exigencia ha sido un eslabón fundamental para que este documento cumpla con sus expectativas, las nuestras, las de *INDUSTRIAS CENO S.A.*, las de la decanatura de producción y las del jurado.

También una cantidad de compañeros que en el transcurso de la carrera tuvieron mucho que ver con las consultas, investigaciones y estudios para cada una de las materias que veíamos durante los semestres.

Compañeros de lucha, que en el fondo buscábamos un mismo objetivo, que con el tiempo fueron tornándose en amistades reales, respetuosas y sinceras, entre ellas el supervisor del área de pintura líquida de *INDUSTRIAS CENO S.A.* Luis Fernando Montoya Mendivelson, la asistente de producción de *INDUSTRIAS CENO S.A.* Liliana Yepes Tejada y la tecnóloga en producción industrial Marisol Vélez Restrepo, gracias por sus aporte y apoyo incondicional.

**Javier Baltazar Tobón Betancur**

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	20
1 EL PROBLEMA	21
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	27
2. OBJETIVOS	28
2.1 OBJETIVO GENERALES	28
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
2.2.1 Estudiar y adoptar diferentes herramientas de gestión que sirvan de apoyo a la propuesta de mantenimiento autónomo.	28
2.2.2 Diseñar en el proceso de granallado un conjunto de actividades Sistemáticas y metódicas coordinadas por estándares experimentales de inspección.	28
2.2.3 Desarrollar procedimientos de inspección general y procedimientos de inspección autónoma al proceso, mediante listas de chequeo.	28
2.2.4 Proponer acciones de mejora en el proceso, para reducir la contaminación y generar calidad de vida en el puesto de trabajo.	28
3. JUSTIFICACIÓN	29
4 MARCO DE REFERENCIA	30
4.1 MARCO TEÓRICO	30
4.1.1 Granallado.	30
4.1.2 Evolución Histórica Del Granallado.	31
4.1.3 Tipos De Granalla.	31



4.1.3.1 TIPO-S- granalla esférica (bolitas).	31
4.1.3.2 TIPO-G- granalla angular.	31
4.1.4 Grados De Limpieza.	31
4.1.4.1 Limpieza con herramienta Manual SSPC-SP2	31
4.1.4.2 Limpieza manual motriz SSPC-SP3.	32
4.1.4.3 Granallado/Arenado a Metal Blanco SSPC-SP5.	32
4.1.4.4 Granallado/Arenado Comercial SSPC-SP6.	32
4.1.4.5 Granallado/Arenado Rápido SSPC-SP7.	32
4.1.4.6 Granallado/Arenado cercano a metal blanco SSPC-SP10.	32
4.1.5 Mantenimiento.	33
4.1.6 Historia del Mantenimiento.	33
4.1.7 Objetivo del Mantenimiento.	33
4.1.8 Tipos De Mantenimiento.	33
4.1.8.1 Correctivo.	33
4.1.8.2 Preventivo.	34
4.1.8.3 Predictivo.	34
4.1.9 ¿Que es TPM?	34
4.1.10 Historia Del TPM.	35
4.1.11 Pilares del TPM.	36
4.1.11.1 Mejoras Enfocadas.	36
4.1.11.2 Mantenimiento Autónomo	36

4.1.11.3 Mantenimiento Planificado.	36
4.1.11.4 Mantenimiento De Calidad.	36
4.1.11.5 Mantenimiento Temprano, Prevención Del Mantenimiento.	37
4.1.11.6 Mantenimiento de Las Áreas Administrativas.	37
4.1.11.7 Entrenamiento, Educación, Capacitación Y Crecimiento.	37
4.1.11.8 Seguridad Higiene Y Medio Ambiente.	37
4.1.12 Para qué sirve el TPM.	38
4.2 MARCO CONTEXTUAL	40
4.2.1 Estructura Organizacional.	41
4.2.2 Productos <i>INDUSTRIAS CENO S.A.</i>	41
4.2.2.1 Línea 1: Estantería Selectiva.	41
4.2.2.2 Línea 2. Mezzanines y Entrepisos.	42
4.2.2.3 Línea3: Mecano.	43
4.2.2.4 Línea 4: Estructuras Metálicas.	45
4.2.2.5 Línea 5: Servicios De Recubrimiento.	47
4.2.3 Proceso Productivo.	50
4.2.4 Proceso De Mantenimiento General.	52
4.2.4.1 Objetivo.	52
4.2.4.2 Descripción.	52
4.2.4.3 Condiciones Generales.	54
5. DISEÑO METODOLÓGICO	55
5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN Y ENFOQUE METODOLÓGICO	55

5.2 ETAPAS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO	55
5.2.1 Planteamiento del problema.	55
5.2.2 Objetivo.	56
5.2.3 Marco de referencia.	56
5.2.4 Mejoras Enfocadas.	56
5.2.2 Listas Sistémicas De Inspección.	57
5.2.3 Listas De Chequeo.	57
5.2.4 Generación De Propuestas Ambientales.	58
5.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN	58
5.3.1 Fuentes de Información.	58
5.3.1.1 Primarias.	58
5.3.1.2 Secundarias.	58
5.3.2 Técnicas para recolección de la información.	58
5.3.3 Instrumentos para registro de información.	58
6. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	64
6.1 ANÁLISIS DE SITUACIÓN	64
6.2 HOJA DE ANÁLISIS	66
6.3 CAUSA EFECTO	71
6.4 INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD	73
6.5 FACTORES INTERNOS Y EXTERNOS	75
6.6 INTERPRETACION GLOBAL DE LOS RESULTADOS	76

7. CONCLUSIONES	78
7.1 HERRAMIENTAS DE GESTIÓN	78
7.1.1 Pasos para la implementación del pilar M.E.	79
7.1.1.1 Paso 1.	79
7.1.1.2 Paso 2.	79
7.1.1.3 Paso 3.	81
7.1.1.4 Paso 4.	81
7.1.1.5 Paso 5.	83
7.1.1.6 Paso 6.	85
7.2 LISTAS SISTEMÁTICAS DE INSPECCIÓN	87
7.3 LISTAS DE CHEQUEO	90
7.4 GENERACIÓN DE PROPUESTAS AMBIENTALES.	96
8. RECOMENDACIONES	101
REFERENTES TEORICOS	103

## LISTAS DE TABLAS

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Paros por mantenimiento.	23
Tabla 2. Resumen paros por mantenimiento.	23
Tabla 3. Mantenimiento correctivo en granalladora.	25
Tabla 4. Resumen mantenimiento en granalladora.	25
Tabla 5. Pasos para desarrollar el TPM.	39
Tabla 6. Formato hoja de análisis.	59
Tabla 7. Factores internos y externos.	63
Tabla 8. Histórico de mantenimiento en cabina de granallado.	65
Tabla 9. Formato hoja de análisis.	66
Tabla 10. Indicador de productividad en cabina de granallado.	74
Tabla 11. Factores internos y externos.	75
Tabla 12. Análisis impactos ambientales en <i>INDUSTRIAS CENO S.A.</i>	97
Tabla 13. Criterios para valoración.	98
Tabla 14. Propuesta para la reducción de impactos ambientales.	99

## LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Cabina de granallado.	22
Imagen 2. Limpieza con granalla.	30
Imagen 3. Ubicación satelital.	40
Imagen 4. Fachada de <i>INDUSTRIAS CENO S.A.</i>	40
Imagen 5. Estantería selectiva.	42
Imagen 6. Mezzanines y entrepisos.	43
Imagen 7. Bandejas porta cables.	43
Imagen 8. Cruz para bandeja porta cables.	44
Imagen 9. Defensas viales.	44
Imagen 10. Fijadores para tuberías.	45
Imagen 11. Silos para almacenamiento de cemento.	45
Imagen 12. Edificios en estructura.	46
Imagen 13. Proyecto hidroituango (guías para compuertas)	46
Imagen 14. Guías para compuertas.	47
Imagen 15. Pintura electrostática en polvo.	48
Imagen 16. Galvanizado en caliente.	48
Imagen 17. Cabina pintura electrostática.	49
Imagen 18. Sección de pintura líquida.	49
Imagen 19. Planta galvanizado en caliente.	50
Imagen 20. Cabina de granallado.	51

Imagen 21. Material granallado.	52
Imagen 22 Cinta de carro sobre raíles.	101
Imagen 23. Cintas por cable enterrado.	102

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1. Gráfico de fallas y paros.	24
Figura 2. Gráfica de mantenimiento correctivo en granalladora.	26
Figura 3. Pilares TPM.	37
Figura 4. Estructura organizacional <i>INDUSTRIAS CENO S.A.</i>	41
Figura 5. Diagrama Causa Efecto.	63
Figura 6. Diagrama Causa Efecto.	72



## LISTA DE FORMATOS

	<b>pág.</b>
Formato 1. Definición de objetivos.	80
Formato 2. Diagrama de Ishikawa. FASE 2	81
Formato 3. Diagrama 5 porque – porque.	82
Formato 4. Plan de acción.	84
Formato 5. Valoración de impacto.	86
Formato 6. Estándar de limpieza.	89
Formato 7. Rutina de limpieza.	91
Formato 8. Lista de chequeo.	93

## GLOSARIO

**BRUÑIR:** Dar lustre a un metal, piedra o cerámica.

**CALAMINA:** Mineral de color blanco o amarillento formado por silicato de cinc hidratado.

**DIFERENCIAL ELECTRO MECÁNICA:** Instrumento de ayuda mecánica para el levantamiento de piezas de excesivo peso, compuesto por dos poleas unidas que giran juntas, el diámetro de una de las poleas es algo mayor que el de la otra y la utilidad mecánica depende de la relación entre ambos diámetros.

**GALVANIZADO:** Dar un baño de zinc a otro metal para preservarlo de la oxidación. El galvanizado más común consiste en depositar una capa de zinc (Zn) sobre hierro (Fe) ya que, al ser el zinc más oxidable, menos noble, que el hierro y generar un óxido estable, protege al hierro de la oxidación al exponerse al oxígeno del aire.

**GRANALLAR:** Reducir un metal a un conjunto de granos.

**HÁNDICAP:** Obstáculo o estorbo, desventaja. Se llama hándicap a la resistencia impuesta por la naturaleza para una actividad, inercia errada que iguala las posibilidades, desventaja impuesta por el deterioro del uso, complemento que impone una carga ideal.

**HERRUMBRE:** Óxido del hierro.

**KG:** Cabina de granallado.

**MATRIZ:** Orden lógico que se debe dar a un procedimiento o actividad.

**PIVOTEAR:** Base o punto de apoyo sobre lo cual gira o se mueve algo.

**ROLADO:** Aplicar presión con rodillos a una lámina para obtener una curva o ángulo deseado.

**TIEMPO MUERTO:** Es el tiempo de producción menos la sumatoria de los tiempos de preparación, procesamiento, cola y de espera.

**TPM:** mantenimiento productivo total (del inglés de total *productive maintenance*, TPM).

## RESUMEN

La empresa *INDUSTRIAS CENO S.A.* se ha dedicado en los últimos 57 años al diseño, fabricación y montaje de todo tipo de estructuras metálicas para diferentes sectores comerciales, lo que hace indispensable para la empresa el desarrollo, de diversas metodologías de gestión como TPM.

En el área de granallado se presentan retrasos y cuellos de botella, los cuales pueden ser provocados por falta de capacitación, fallas mecánicas, alistamiento y movimiento de piezas a granallar, por lo que se propone implementar la herramienta de mejoramiento continuo TPM, que dará como resultado un área más segura, productiva, con menos paros por fallas mecánicas y mayor capacitación de los trabajadores.

Este proyecto presenta un documento maestro para la correcta implementación de la metodología TPM en el área mencionada, en especial el pilar de Mejoras Enfocadas (M.E.) conteniendo formatos para el debido desarrollo de las actividades y su correspondiente inspección. Por ultimo una serie de propuestas ambientales con las respectivas normas legislativas que rigen en el país para la industria metalmeccánica.

Los beneficios para la empresa se pueden ver a corto plazo, generándose rentabilidad y mayor productividad, a la vez se incrementa la vida útil de las máquinas y la eficiencia del operario.

## INTRODUCCIÓN

Las organizaciones deben enfocar su fuerza en el mejoramiento de los procesos productivos para lograr la calidad, rentabilidad y eficiencia esperadas, por lo que se hace necesario adoptar estrategias de mejoramiento continuo y así estar a la vanguardia de la tecnología y la competencia.

En *INDUSTRIAS CENO S.A.* existen problemas como paros por mantenimiento no planeado y baja productividad, lo cual ha afectado la calidad del producto y la satisfacción del cliente. En este proyecto se propone la implementación de la metodología de mejora continua TPM, la cual tiene como objetivo incrementar la disponibilidad de la maquinaria y del operario, aumentando el rendimiento de estos y la productividad.

Se considera que al implementarse el mantenimiento autónomo en la cabina de granallado, capacitando a los trabajadores y haciéndolos más conscientes de su trabajo, creando estándares de limpieza y de inspección, como también el desarrollo e implementación del pilar del TPM Mejoras Enfocadas (M.E.) la empresa *INDUSTRIAS CENO S.A.* podrá llevar un control de las acciones de los trabajadores y tendrá mano de obra más calificada para el proceso del área de pintura líquida, obteniendo rentabilidad y mayor calidad del producto.

Además, se proponen estrategias para ser más amigables con el planeta y reducir los impactos ambientales generados en el proceso, se busca brindar mejor calidad de vida al trabajador y a los habitantes aledaños a la organización.

Se conoce que si un proceso no es medido, es completamente difícil controlarlo, lo que el TPM hace posible y provee herramientas para facilitar el seguimiento.

El alcance de este proyecto, abarca hasta la propuesta de soluciones a los problemas que existen en la empresa *INDUSTRIAS CENO S.A.* dando cumplimiento a los objetivos planteados.

## 1. EL PROBLEMA

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

*INDUSTRIAS CENO S.A* cuenta con más de 57 años de experiencia, destinada a satisfacer las necesidades de infraestructura y manejo de materiales en todos los sectores de la economía. Trabaja con base a una cultura de mejoramiento continuo garantizando el mejor funcionamiento, productividad, calidad, optimización de los recursos y la excelencia de sus procesos, que le permitan lograr los más altos estándares de calidad.

Con el desarrollo del presente trabajo, se pretende exponer de forma detallada en 5 posibles etapas la forma para reducir problemas crónicos y fallos de maquinaria; considerando un enfoque teórico – práctico, utilizando una metodología de análisis de amplio alcance sugerida por los expertos del Mantenimiento Productivo Total (TPM), *Kunio Shirose, Yoshifumi Kimura y Mitsugu Kaneda*, quienes proponen el mantenimiento autónomo como una herramienta de mejora continua esencial para lograr la eficiencia y la competitividad.

Esta herramienta es utilizada primordialmente en las áreas productivas de compañías manufactureras, es un instrumento eficaz en empresas que cuentan con muchas operaciones automáticas y secuenciales, combina un conjunto de actividades y técnicas para el aprovechamiento de la capacidad de producción instalada; esta herramienta siempre está encaminada a incrementar la disponibilidad de la maquinaria, equipo de producción y los beneficios económicos de las empresas. Actualmente en *INDUSTRIAS CENO S.A* se está ejecutando un programa de mantenimiento autónomo (TPM) en la máquina que realiza el corte por plasma, a medida que el programa ha ido avanzando se ha evidenciado notablemente los primeros pilares fundamentales del TPM, teniendo en cuenta los resultados tan satisfactorios del TPM en la máquina. La Gerencia General ha decidido hacer extensivo este programa a la cabina de granallado.

**Imagen 1. Cabina De Granallado**



**Fuente: INDUSTRIAS CENO S.A.**

El proceso de granallado es clasificado como un proceso crítico, este proceso presenta un alto volumen de paros, los cuales se pueden referenciar algunos de los más representativos que observaremos en los datos, donde apreciamos 72 horas por mantenimiento correctivo durante el año 2012.

En los siguiente datos se aprecia el total de tiempo en horas perdidas o tiempos muertos (9 días durante el año 2012) por causa de la diferencial de la cabina de granallado. Evidenciamos un 47% de fallas eléctricas y un 34% en fallas electromecánicas, para un total de 81% de fallas eléctricas y electromecánicas.

En la tabla 1 se pueden apreciar los Datos de Paro Por Mantenimiento Correctivo Diferencial De Granallado en el año 2012.

**Tabla 1. Paros por mantenimiento.**

DESCRIPCION DE LA ORDEN	TIPO OT	HORAS REALES
REVISAR BATERIA	1	1
DAÑO ELECTRICO	1	4
AISLAMIENTO DEL SISTEMA ELECTR	1	2
SOLICITUD DE ESTROBOS	1	1
FRENO DESCALIBRADO	1	15
LENGUETA DE SEGURIDAD	1	1
FALLO FRENO DEL MOTOR	1	10
AISLAMIENTO ELECTRICO	1	3
AISLAMIENTO DEL SISTEMA	1	2
DAÑO DIFERENCIAL	1	6
AISLAMIENTO ELECTRICO	1	5
AISLAMIENTO DEL SISTEMA	1	5
CARGADOR DE PILAS DEL CONTROL	1	7
AISLAMIENTO DEL SISTEMA	1	8
AISLAMIENTO DEL SISTEMA	1	2
Total Tiempos	<b>15</b>	<b>72</b>

**Fuente: INDUSTRIAS CENO S.A.**

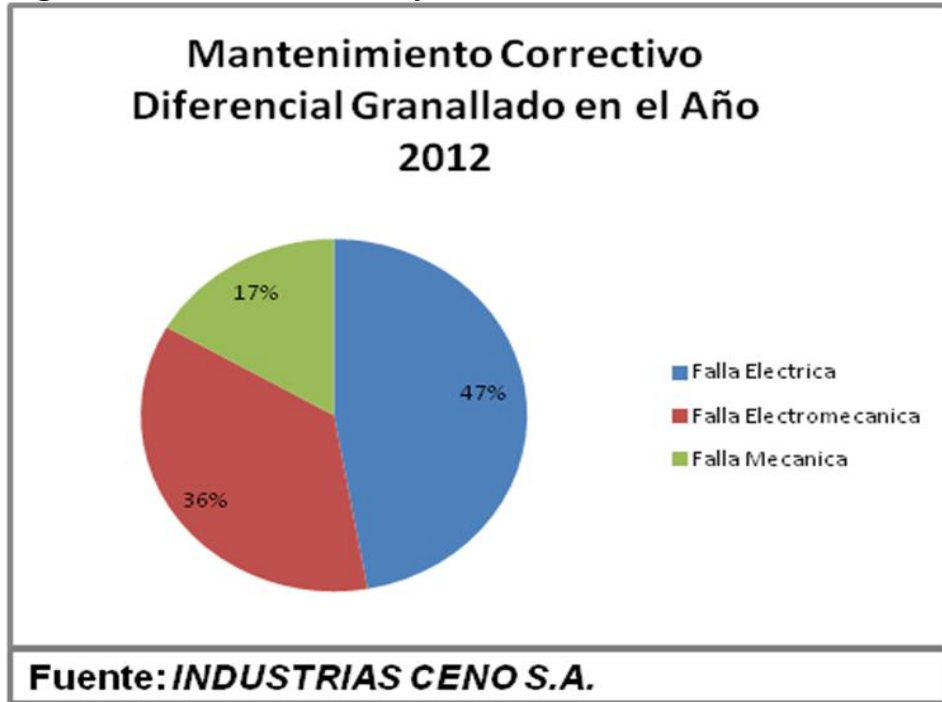
**Tabla 2. Resumen paros por mantenimiento.**

TIEMPO MUERTO POR FALLAS	
Descripcion	Horas
FALLA ELECTRICA	34
FALLA ELECTROMECHANICA	26
FALLA MECANICA	12

**Fuente: INDUSTRIAS CENO S.A.**

En la grafica 1 se han agrupado los datos correspondientes al conglomerado de fallas y paros por mantenimiento correctivo en la diferencial de la cabina de granallado en el año 2012, y se puede apreciar que las fallas eléctricas ocupan un gran porcentaje en los problemas de la maquina.

**Figura 1. Grafica de Fallas y Paros**



Los datos totales correspondientes a 109 horas de mantenimiento correctivo en la cabina de granallado, en el año 2012 equivalente a 13 días de tiempos improductivos. Es de resaltar los paros en reparación del tornillo sin fin de (28 horas) manguera rota de (23 horas), y otros de (24 horas) equivalen a un 66% de los paros totales.

Se pueden apreciar los datos de paro por mantenimiento correctivo, en cabina de granallado en el año 2012.



**Tabla 3. Mantenimiento correctivo en granalladora.**

DESCRIPCION DE LA ORDEN	TIPO OT	HORAS REALES
MANGUERA ROTA	1	5
MANGUERA ROTA	1	3
ARREGLO DE CASCO	1	2
MANGUERA ROTA	1	10
SISTEMA OBSTRUIDO	1	1
MANGUERA ROTA	1	5
DUCTO OBSTRUIDO	1	3
FALLO GATILLO DE PISTOLA	1	1
FUGA DE AIRE	1	2
ILUMINACION CABINA DE GRANALLA	1	2
REP TLLO SINFIN	1	16
FUGA DE AIRE	1	1
ILUMINACION CABINA DE GRANALLA	1	9
FALLOS PRINCIPALES MECANICOS	1	4
REP TLLO SINFIN	1	12
FALLA ELECTRICA	1	5
CAMBIO DE ACRILICOS	1	6
ILUMINACION CABINA DE GRANALLA	1	5
FUGA DE AIRE	1	1
FUGA DE AIRE	1	6
ELEVADOR FRENADO	1	8
SISTEMA OBSTRUIDO	1	2
Total Tiempos	<b>22</b>	<b>109</b>
<b>Fuente: INDUSTRIAS CENO S.A.</b>		

**Tabla 4. Resumen de mantenimiento correctivo en granalladora.**

TIEMPO MUERTO POR FALLAS	
Descripcion	Horas
MANGUERA ROTA	23
REPARACION TORNILLO SIN FIN	28
ILUMUNACION CABINA DE GRANALLA	16
FUGA NEUMATICA	10
ELEVADOR FRENADO	8
OTROS	24
<b>Fuente: INDUSTRIAS CENO S.A.</b>	

En la grafica 2, se aprecia el conglomerado de las fallas y paros por mantenimiento correctivo en la cabina de granallado, según datos anteriores.

**Figura 2. Grafica de mantenimiento correctivo en granalladora.**



La gráfica estadística apoya el presente proyecto, debido a los continuos paros por mantenimiento correctivo, no existe un lazo bien definido entre los problemas cotidianos a causa de paro en la cabina de granallado por cuestiones de fallas de equipo y las acciones tomadas para la eliminación de dichos problemas; es muy difícil saber cuánto tiempo se llevará la corrección de los mismos, esto se debe a que no está definida una metodología sistemática para la corrección de fallas; que vaya más allá de la reparación y restauración, eliminando los problemas crónicos que afecta el estado de la cabina de granallado, en la sección de manufactura Infraestructura y construcción de la compañía.

Todas estas causas, están obstaculizando conocer las fallas de operación, porque, el programa de mantenimiento preventivo y correctivo de la compañía no satisface las necesidades de demanda en la cabina de granallado.

El personal capacitado para intervenir los correctivos no siempre está disponible para el mantenimiento oportuno. Por esta razón se busca intervenir y diagnosticar las causas puntuales de estos paros, producidos a su vez por las áreas de mantenimiento: Mecánica, eléctrica, electrónica etc. y de tipo correctivo, que han dado lugar a paros que podrían alargarse con el tiempo si no se le da oportunamente una atención.

Inicialmente se encuentran los tiempos muertos del operario, los cuales probablemente, pueden ser reducidos con capacitación en mantenimiento autónomo para reducir los costos indirectos que genera el correctivo, minimizando el tiempo de paro en máquina por la no intervención oportuna de los técnicos, generando más eficiencia- productividad en el proceso, aumentando por ende la productividad del proceso de granallado en *INDUSTRIAS CENO S.A.*

Esta propuesta pretende llegar a un nivel operativo, pues se desea lograr disminuir al máximo los tiempos improductivos de fabricación en el proceso de granallado, mediante un adecuado análisis de la situación actual, en donde se resalten todos y cada uno de los factores involucrados que afectan directamente el rendimiento del proceso.

Todo esto con el fin, de optimizar al máximo el sistema de granallado, aplicando las técnicas de desarrollo como la estrategia de mejoramiento continuo TPM, formatos estratégicos y propuestas de adecuación ambiental. Una vez conocida la existencia de posibles fallas y consultadas sus causas se pueden tomar las medidas necesarias para lograrlo; siendo conscientes de que el tiempo para una buena implantación depende del nivel de instrucción, educación técnico-científica del personal y del estado de deterioro de equipos y sistemas.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

**¿Cómo disminuir los tiempos muertos de la cabina de granallado implementando Mantenimiento Productivo Total (TPM)?**

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar el documento maestro para implementación del TPM en la cabina de Granallado en la *INDUSTRIAS CENO S.A.*

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

**2.2.1** Estudiar y adoptar diferentes herramientas de gestión que sirvan de apoyo a la propuesta de mantenimiento autónomo.

**2.2.2** Diseñar en el proceso de granallado un conjunto de actividades sistemáticas y metódicas coordinadas por estándares experimentales de inspección.

**2.2.3** Desarrollar procedimientos de inspección general y procedimientos de inspección autónoma al proceso, mediante listas de chequeo.

**2.2.4** Proponer acciones de mejora en el proceso, para reducir la contaminación y generar calidad de vida en el puesto de trabajo.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Las empresas manufactureras corren demasiado riesgo en cuanto a su estadía en el mercado debido a la competencia, en ocasiones por falta de respuesta a los consumidores frente a sus necesidades, uno de los factores principales. Estas empresas se deben de enfocar en mejorar sus prácticas de manufactura, o de gestión en el caso de servicios. Hay herramientas disponibles para lograr estos objetivos propuestos y hacer empresas más rentables, es el caso de la herramienta TPM.

De acuerdo a los objetivos planteados anteriormente, el propósito final es lograr la optimización del proceso productivo en la sección de granallado en *INDUSTRIAS CENO S.A.* implementándose la herramienta TPM (Mantenimiento Total Productivo)

El Mantenimiento Productivo Total es una herramienta de mejoramiento continuo fundamentada para lograr la eficiencia y la competitividad, esta herramienta es utilizada primordialmente en las áreas productivas de compañías manufactureras; es un instrumento eficaz en empresas que cuentan con muchas operaciones automáticas y secuenciales.

Combina un conjunto de actividades y técnicas para lograr un mejor aprovechamiento de la capacidad de producción instalada, siempre encaminada a incrementar la disponibilidad de la maquinaria y equipo de producción y los beneficios económicos, con el fin de prevenir el deterioro acelerado del equipo estableciendo las condiciones básicas necesarias para una óptima operación.

De este modo aumenta el porcentaje de utilización de máquina y el rendimiento esperado por la compañías, pues pretende mejorar los rendimientos de procesos y los medios de producción, además, ofrece beneficios organizativos, de seguridad y productivos, porque crea una cultura de responsabilidad, disciplina, respeto, participación y colaboración.

El TPM ayuda a prevenir eventos negativos para la salud, identifica problemas potenciales y ayuda a buscar acciones correctivas, a eliminar pérdidas que afectan la productividad de las plantas de producción, a mejorar la fiabilidad y disponibilidad de los equipos y lo más importante favorece la reducción de costos de mantenimiento; siendo todas estas las razones suficientes para la ejecución y desarrollo de nuevos sistemas de gestión; que con sus técnicas permiten una eficiencia progresiva de los sistemas de producción.

## 4. MARCO DE REFERENCIA

### 4.1 MARCO TEÓRICO

**4.1.1 Granallado.** El granallado es el proceso de limpieza que se efectúa a una superficie por medio de partículas: metálicas, arena o material sintético con el fin de impactar la superficie y crear un perfil de rugosidad, que quede en condiciones óptimas para realizar una buena deposición de cualesquier recubrimiento o pintura, para lograr dar una mejor protección a la pieza. (R. Schmid, 2002).

**Imagen 2. Limpieza con granalla.**



**Fuente: INDUSTRIAS CENO S.A.**

El granallado es un Proceso industrial mediante el cual se hace limpieza, y preparación de superficies con diferentes propósitos, que funciona bajo el mismo principio pero cambiando la arena por micro-partículas metálicas llamadas granalla, para lograr un objetivo final, crear perfil de rugosidad para que el recubrimiento se adhiera bien a la estructura.

El granallado puede aplicarse sobre todo tipo de productos para limpiar y preparar superficies, siendo los más tratados aquellos elementos metálicos, los cuales deben ser liberados de calamina, óxido y otros elementos contaminantes antes de recibir el acabado final. (Gustavo Gómez asesor técnico y comercial empresa Blasting Experts)

**4.1.2 Evolución Histórica Del Granallado.** A finales de la segunda guerra mundial, debido a la necesidad de crear sistemas de limpieza para proteger los equipos utilizados en la industria militar, se crearon empresas encargadas de diseñar máquinas, fabricar y crear elementos de limpieza que les garantizara a estas obtener un buen mantenimiento y preservación en sus equipos.

Es por eso que se trae a conocimiento la gran variedad de máquinas, equipos y elementos de impacto (granalla) que se utilizan para hacer efectivo un sistema de limpieza y acondicionamiento a toda clase de estructura, que requieran ser protegidas para darle una mayor durabilidad a su estado.

**4.1.3 Tipos De Granalla.** Es muy importante elegir bien el tipo, dureza, y medida de la granalla a utilizar, aconsejándonos por los fabricantes y especialistas en granalla, que nos indicaran la más adecuada para cada trabajo y máquina.

**4.1.3.1 TIPO-S- granalla esférica (bolitas).** Pueden ser de hierro, inoxidable, etc. Hay granallas muy finas (S-70) que tienen un tamaño medio de 0.2 mm hasta mas gruesas (S-780) que tienen un tamaño medio de 2 mm.

**4.1.3.2 TIPO-G- granalla angular.** Casi siempre de hierro, es más agresiva y tiene formas con picos, nos dejará la superficie más áspera y con un anclaje excelente para pinturas y algunos tratamientos específicos, también hay desde muy fina (G-120) de 0.12mm de tamaño medio, hasta más gruesas de 2 mm. de tamaño medio (G-12).

En estas granallas también es muy importante la dureza, dependiendo si se necesita que conserve la forma angular o que se vaya redondeando con su desgaste. Al igual que es más agresiva con las piezas a tratar, también lo es con la máquina produciendo un mayor desgaste de todas las partes que tienen contacto con la granalla. (Extraído el 19 de abril de 2013, desde [www.metalspain.com/FUNDIDORES-articulo](http://www.metalspain.com/FUNDIDORES-articulo)).

#### **4.1.4 Grados De Limpieza.**

**4.1.4.1 Limpieza con herramienta Manual SSPC-SP2.** Remover escamas sueltas, herrumbre y pintura desprendida por medio de cepillado, lijado, raspado y desbastado manual o con herramientas manuales de impacto. No se pretende remover todas las escamas, herrumbre y pintura con este proceso, sino solamente las que estén sueltas y cualquier otra materia extraña perjudicial presente.

**4.1.4.2 Limpieza manual motriz SSPC-SP3.** Remoción de escamas, herrumbre y pinturas sueltas o mal adheridas con cepillos de alambre mecánicos, herramientas de impacto, esmeriladoras mecánicas o una combinación de estos métodos. Al término de la limpieza la superficie debe presentarse rugosa y con un claro brillo metálico. Se debe cuidar de no bruñir la superficie metálica para lograr una buena adherencia de la pintura a la base.

**4.1.4.3 Granallado/Arenado a Metal Blanco SSPC-SP5.** Método utilizado donde las condiciones son extremadamente severas, con contaminantes ácidos, sales en solución, inmersión permanente en líquidos químicamente agresivos, elementos enterrados, entre otros.

Se debe obtener una superficie de color metálico gris-blanco uniforme y ligeramente áspera, se formar una buena superficie de anclaje para revestimientos. La superficie vista sin amplificación debe aparecer libre de todo aceite, grasa, suciedad, escamas de óxido y de laminación, herrumbre, productos de corrosión, pinturas u otras materias extrañas.

**4.1.4.4 Granallado/Arenado Comercial SSPC-SP6.** Estándar un poco menos exigente que el anterior, ya que admite mayor contaminación. Generalmente se especifica en aquellas zonas muy poco solicitadas, sin ambientes corrosivos. La superficie debe verse libre de aceite, grasa, polvo, óxido y los restos de capa de laminación no deben superar el 33% de la superficie en cada pulgada cuadrada de la misma. Los restos deben verse sólo como de distinta coloración.

**4.1.4.5 Granallado/Arenado Rápido SSPC-SP7.** Es utilizado sólo en los casos de condiciones muy poco severas y presentará áreas de probables fallas. La superficie debe verse libre de aceite, grasa, polvo, capa suelta de laminación, óxido suelto y capas de pintura desprendidas, pero conserva la capa de laminación donde está firmemente adherida. Estas partes no deben desprenderse mediante un objeto punzante.

**4.1.4.6 Granallado/Arenado cercano a metal blanco SSPC-SP10.** Es la especificación más comúnmente utilizada. Reúne las características de buena preparación y rapidez en el trabajo. Se utiliza para condiciones regulares a severas.

La superficie debe verse libre de aceite, grasa, polvo, óxido, capa de laminación, restos de pintura y otros materiales extraños. Se admite hasta un 5% de restos que pueden aparecer sólo como distinta coloración en cada pulgada cuadrada de la superficie.



Combinando el grado de herrumbre determinado por comparación fotográfica con el grado de preparación definido, se obtiene la denominación del trabajo; por ejemplo, si partiendo de un grado de herrumbre “B” se logra un grado de preparación mediante chorro abrasivo SP 10, el trabajo se define como B SP 10 (Extraído el 19 de abril de 2013, desde [www.ferrebarniedo.com.mx/downloads/Granallado](http://www.ferrebarniedo.com.mx/downloads/Granallado))

**4.1.5 Mantenimiento.** Partiendo del principio fundamental de la función del mantenimiento, el mantenimiento es el sustantivo correspondiente al verbo mantener; cuya función concreta es sostener la funcionalidad y el cuerpo de un objeto o aparato productivo, para que cumpla su función eficientemente para la cual fue creado, que es producir bienes y servicios. (Gutierrez, 2009)

**4.1.6 Historia del Mantenimiento.** La historia del mantenimiento se remite a la época de la revolución industrial en siglo XVIII. Se reconoce la aparición de los sistemas organizacionales de mantenimiento para sostener máquinas, desde principios del siglo XX, en los Estados Unidos, donde todas las fallas y paradas imprevistas de equipos y máquinas, se solucionaban vía mantenimiento correctivo. (newbrough, 1982)

**4.1.7 Objetivo del Mantenimiento.** El objetivo del mantenimiento es conseguir un determinado nivel de disponibilidad de producción en condiciones de calidad óptima, exigible y al mínimo coste, con el máximo nivel de seguridad para el personal operativo y con una mínima degradación del medio ambiente. (navarro elola & pastor, 1997)

El motivo principal del mantenimiento es solucionar fallas en equipos de producción y servicios, en instalaciones y mantener en óptimas condiciones de operación los servicios necesarios para el buen funcionamiento de una planta de producción.(aire acondicionado, agua, luz, aire comprimido, maquinaria, gas, edificación, etc). (gatica, 2000)

#### **4.1.8 Tipos De Mantenimiento.**

**4.1.8.1 Correctivo.** El mantenimiento correctivo, conocido como reactivo, es aquel que se aplica cuando se produce algún error en el sistema, ya sea porque algo se averió o rompió. Cuando se realizan estos mantenimientos, el proceso productivo se detiene, por lo que disminuyen las cantidades de horas productivas. Estos mantenimientos no se aplican si no existe ninguna falla. Es impredecible en cuanto a sus gastos y al tiempo que tomará realizarlo.

El mantenimiento correctivo consiste en la pronta reparación de la falla y se le considera de corto plazo. Las personas encargadas de reportar la ocurrencia son los propios operarios de máquinas o equipos y las reparaciones pertenecen al personal de mantenimiento, debido a que los operarios encargados, no son expertos en fallas. El desvare consiste en aplicar una reparación inmediata al equipo para devolverlo a su condición de operación o trabajo y no necesariamente a su condición estándar. (navarro elola & pastor, 1997).

**4.1.8.2 Preventivo.** Este mantenimiento, conocido bajo el nombre de planificado, se realiza previo a que ocurra algún tipo de falla en el sistema.

Como se hace de forma planificada, no como el anterior, se aprovechan las horas ociosas para llevarlo a cabo. Este mantenimiento sí es predecible con respecto a los costos que implicará, con el tiempo que demandará el mantenimiento preventivo es la ejecución de un sistema de inspecciones periódicas programadas racionalmente sobre los equipos, con el fin de detectar condiciones o estados inadecuados que puedan ocasionar paros en producción o deterioro grave del equipo y realizar de forma permanente el mantenimiento para evitar tales condiciones, mediante la ejecución de ajustes y reparaciones. (Josep, 1995).

**4.1.8.3 Predictivo.** Con este mantenimiento se busca determinar la condición técnica, tanto eléctrica como mecánica de la máquina mientras esta en funcionamiento. Para que este mantenimiento pueda desarrollarse se recurre a sustentos tecnológicos que permitan establecer las condiciones del equipo. Gracias a este tipo de mantenimientos, se disminuyen las pausas que generan en la producción los mantenimientos correctivos y se disminuyen los costos por mantenimiento y por haber detenido la producción.

El mantenimiento predictivo, la revisión y el estudio permanente de variables (presión, temperatura, corrosión, desgaste, etc) internas o externas asociadas directa o indirectamente al proceso de operación de una máquina, permite diagnosticar el comportamiento futuro en tiempo real, de la posible aparición de fallas o situaciones fuera de los estándares, con el fin de evitarlas a toda costa y alargar la vida útil del equipo.

Las acciones predictivas, usan en forma exhaustiva los instrumentos específicos de orden técnico de mantenimiento, así como los básicos y avanzados en toda su plenitud. (Gutierrez, 2009)

**4.1.9 ¿Qué es TPM?** El Mantenimiento Productivo Total, es una herramienta de mejoramiento continuo, implementada para lograr la eficiencia y la competitividad. Es utilizada fundamentalmente en las áreas productivas de compañías manufactureras; es un instrumento eficaz en empresas que cuentan con muchas operaciones automáticas y secuenciales, ya que combina un conjunto de actividades y técnicas para lograr un mejor aprovechamiento de la capacidad de

producción instalada, encaminada a incrementar la disponibilidad de la maquinaria y equipo de producción y los beneficios económicos de las empresas, con el fin de prevenir el deterioro acelerado del equipo, estableciendo las condiciones básicas necesarias para una óptima operación, de este modo aumentar el porcentaje de utilización de máquina y el rendimiento esperado por las compañías, pues promete mejorar los rendimientos de procesos y los medios de producción. (souza, 2001).

El éxito de un programa de TPM está estrechamente relacionado con la forma de gestión de personas, ya que el enfoque de la propuesta de trabajo, en esta metodología es el ser humano.

Como sucede en todos los procesos de gestión, es necesario crear indicadores para la evaluación de los indicadores de desempeño del programa. En este contexto los parámetros utilizados para verificar y controlar el TPM son: Productividad; Costos. (Rodríguez, 2006)

**4.1.10 Historia Del TPM.** TPM Mantenimiento Productivo Total, según Takahashi Osada, se inició en Japón a través de la empresa Nippon Denso, parte del grupo Toyota, en 1971. TPM se considera una evolución en el mantenimiento preventivo, concebido originalmente.

En los Estados Unidos en la década de 1950, de acuerdo con Tavares, es una evolución de las metodologías de la tecnología del mantenimiento conocido como: Latín School (Francia-media década de 1960), ruso Investigaciones (Rusia de fin de 1960) y Terotechnology (Inglaterra y principios de 1970).

La concepción del TPM, era una respuesta a las demandas de un mercado cada vez más competitivo que obliga a las empresas a pautar algunas políticas, por ejemplo: La eliminación de los residuos, siempre obtener el mejor rendimiento del equipo, la reducción de interrupciones o paradas de producción (averías o intervenciones), redefinición de los objetivos. Por esta TPM distingue y ataca a seis fuentes esenciales de la producción. (Rodríguez, 2006).

Las industrias japonesas, después de la segunda guerra mundial, determinan competir eficazmente en el mercado internacional pero deben mejorar la calidad de sus productos. Es así como importan de estados unidos técnicas de manufactura, administración y mantenimiento preventivo, al que luego incorporan otros conceptos como mantenimiento productivo, prevención del mantenimiento, ingeniería de confiabilidad etc., con lo cual modifican en forma sustancial el ambiente de la industria manufacturera del Japón, para conformar lo que se conoce como TPM (Mantenimiento Productivo Total) donde se deben involucrar todos los empleados desde operadores, hasta la alta dirección. (Seichi, 1991).

**4.1.11 Pilares del TPM.** La definición de los pilares adoptados en TPM, depende de la estructura y la filosofía que la compañía utilizará internamente, se personaliza de acuerdo con la cultura ya existente y la nueva cultura, que han de ser parte de los objetivos planteados en la visión, para ser implementados.

Los pilares del TPM se deben desarrollar en equipos coordinados por los directores o líderes de cada equipo y la estructura debe estar de acuerdo con la jerarquía de la empresa. (Souza, 2001)

Como su nombre lo indica son los puntos de apoyo vitales para implementar el TPM.

**4.1.11.1 Mejoras Enfocadas.** Conjunto de diferentes actividades para realizar en equipos y que optimizan la efectividad de plantas equipos y procesos. Para su ejecución es necesario reconocer las pérdidas existentes y son:

Pérdida por averías

Pérdida por preparaciones y ajustes.

Pérdida por problemas en herramientas de corte.

Pérdidas por operación.

Pérdidas por tiempos muertos o paradas pequeñas.

Pérdidas por reducción de la velocidad del equipo.

Pérdidas por defectos de calidad y trabajos de rectificación.

Pérdidas por programación.

Pérdidas por control en proceso.

Pérdidas por movimientos.

Pérdidas por desorganización de líneas de producción.

Pérdidas por deficiencia en logística interna.

Pérdidas por mediciones y ajustes.

Pérdidas por arranques y rendimiento de materiales.

Pérdidas en el empleo de energía.

Pérdidas de herramientas, utillaje y moldes.

**4.1.11.2 Mantenimiento Autónomo.** Se basa en la activa participación de los operarios y consiste en que estos realicen actividades menores de mantenimiento, y mantengan su área de trabajo en estado impecable.

**4.1.11.3 Mantenimiento Planificado.** El personal realiza acciones preventivas predictivas y de mejoramiento continuo.

**4.1.11.4 Mantenimiento De Calidad.** Los equipos deben estar en condiciones óptimas de funcionamiento.

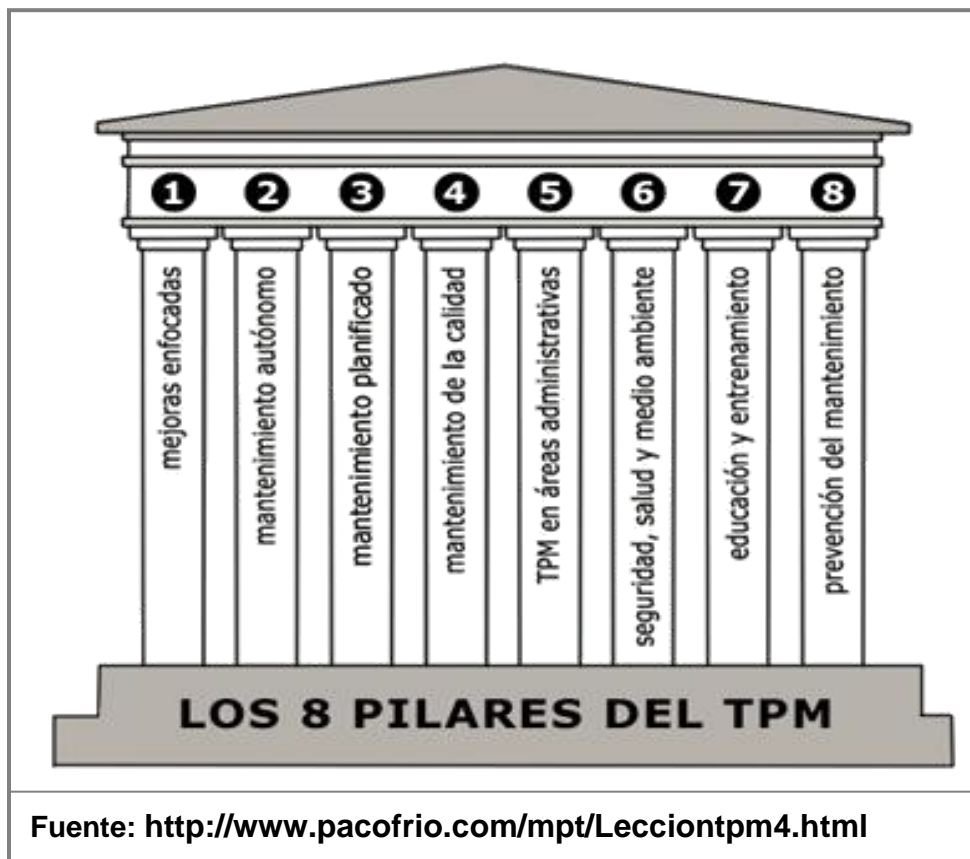
**4.1.11.5 Mantenimiento Temprano, Prevención Del Mantenimiento.** Corresponden a las actividades de diseño, construcción, montaje y operación de equipos donde se garantiza la calidad de operación y de los productos generados.

**Mantenimiento De Las Áreas Administrativas.** Enfocada en las áreas de apoyo logístico, operación, producción, y mantenimiento, para que sean las más adecuadas y evitar pérdidas.

**4.1.11.6 Entrenamiento, Educación, Capacitación Y Crecimiento.** Establece políticas que permiten a operarios y empleados mantenerse educados, entrenados y motivados, con las mejores prácticas de mejoramiento y crecimiento personal e institucional.

**4.1.11.7 Seguridad Higiene Y Medio Ambiente.** Por medio de la aplicación de las herramientas de mejoramiento continuo y 5's se reducen las existencias de accidentes laborales, se procura de fomentar la cultura del autocuidado, seguridad e higiene en su trabajo, a su vez de proteger y conservar el medio ambiente. (Gutierrez, 2009)

**Figura 3. Pilares del TPM.**



**4.1.12 Para qué sirve el TPM.** Cuando esta metodología no es implementada adecuadamente, se incurre fácilmente en las seis grandes pérdidas, tiempos muertos o paro del sistema productivo, funcionamiento a velocidad inferior a la capacidad de los equipos y productos defectuosos o mal funcionamiento de las operaciones en un equipo. Estas pérdidas son las averías más frecuentes en maquinaria, grandes tiempos en preparaciones entre un lote y otro, micro paradas, velocidad de proceso menor y cuellos de botella, calidad reducida del producto y tiempos elevados de arranque.

Unos de los beneficios más grandes que genera una buena implementación de TPM, es que los gastos de mantenimiento son previamente planeados y controlados, ya que la fuerza de mantenimiento gira en torno a todas las actividades de la producción.

**Tabla 5. Pasos para desarrollar el TPM**

<b>Etapa</b>	<b>Nombre</b>	<b>Actividad a realizar</b>
<b>0</b>	<b>Preparación del mantenimiento autónomo</b>	En esta etapa de preparación se establecen los objetivos fundamentales de la implementación de la prueba piloto, se ejecuta el programa de entrenamiento a los operarios de la cabina de granallado, para el desarrollo del mantenimiento autónomo, y la preparación de documentos necesarios para el inicio de las primeras etapas.
<b>1</b>	<b>Inspección General - Limpieza Inicial</b>	Identificar problemas ocultos y hacerlos visibles, eliminar fuentes de contaminación y áreas inaccesibles para descubrir anomalías y monitorear problemas encontrados.
<b>2</b>	<b>Preparación de estándares experimentales de inspección autónoma</b>	Se diseñan y aplican estándares provisionales para mantener los procesos de limpieza, lubricación, ajuste y revisión; definiendo los puntos de inspección y actividades a ejecutar.
<b>3</b>	<b>Estandarización</b>	Establecimiento de los estándares de limpieza de la cabina de granalladora y sus elementos anexos. Definiendo los puntos de inspección, la frecuencia de actividades y su método.
<b>4</b>	<b>Sensibilización a Operarios</b>	Procesos de acompañamiento a los operarios de la cabina de granalladora, para que aprendan a utilizar los Cinco Sentidos y la aceptación de los estándares de limpieza estipulados.
<b>Fuente: Mantenimiento Total de la Producción (TPM)Proceso de Implemetacion Autor : Rey Sacristan Francisco</b>		

## 4.2 MARCO CONTEXTUAL

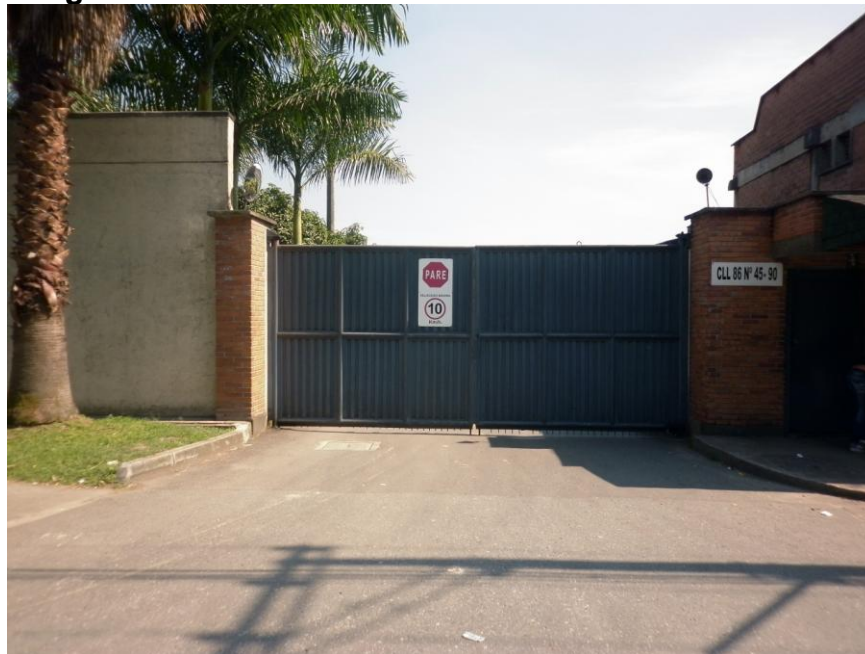
*INDUSTRIAS CENO S.A*, está ubicada en el municipio de Itagüí, posee una planta física de 25.000 m<sup>2</sup>, le brinda trabajo y calidad humana a 350 trabajadores, comprometidos por hacer realidad los objetivos de la empresa.

Imagen 3. Ubicación satelital.



Fuente: (Google Maps)

Imagen 4. Fachada de *INDUSTRIAS CENO S.A*

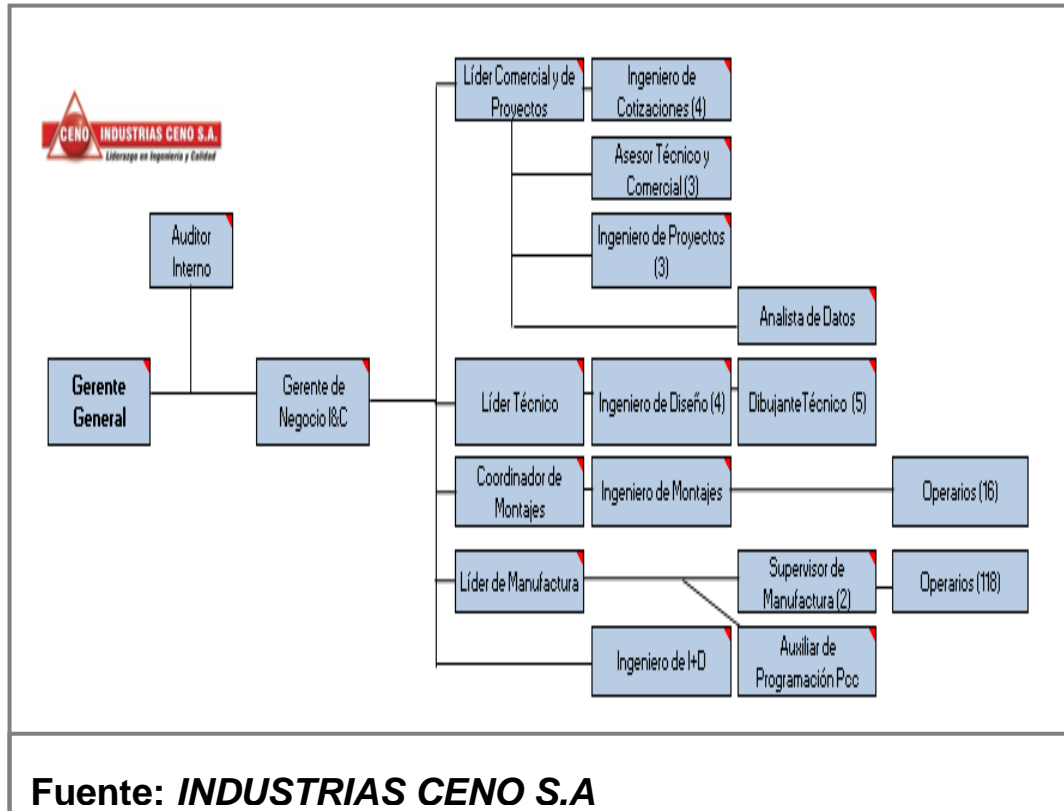


Fuente: *INDUSTRIAS CENO S.A.*



**4.2.1 Estructura Organizacional.** En *INDUSTRIAS CENO S.A* está conformada de la siguiente forma:

**Figura 4. Estructura Organizacional *INDUSTRIAS CENO S.A***



*INDUSTRIAS CENO S.A* actualmente cuenta con un grupo de negocios suscitado por los retos de la economía, siempre enfocado en generar soluciones integrales y con una sólida idea de la necesidad de diversificación, que busca no reducir la política comercial de la empresa a un solo producto.

**4.2.2 Productos *INDUSTRIAS CENO S.A.***

**4.2.2.1 Línea 1: Estantería Selectiva.** La estantería selectiva se utiliza para almacenar, clasificar y ordenar productos que pueden estar distribuidos en una gran cantidad de referencias, manejando la estiba como principal unidad de empaque.

**Imagen 5. Estantería Selectiva**



Fuente: **INDUSTRIAS CENO S.A.**

**4.2.2.2 Línea 2. Mezzanines y Entrepisos.** El sistema permite la construcción de Mezzanines en varios niveles, para un óptimo aprovechamiento del espacio en altura. De acuerdo con el diseño, los pasillos en los distintos niveles permiten el acceso directo del personal para el manejo manual de la mercancía (Imagen 6).

**Imagen 6. Mezzanines y Entrepisos.**



Fuente: **INDUSTRIAS CENO S.A.**

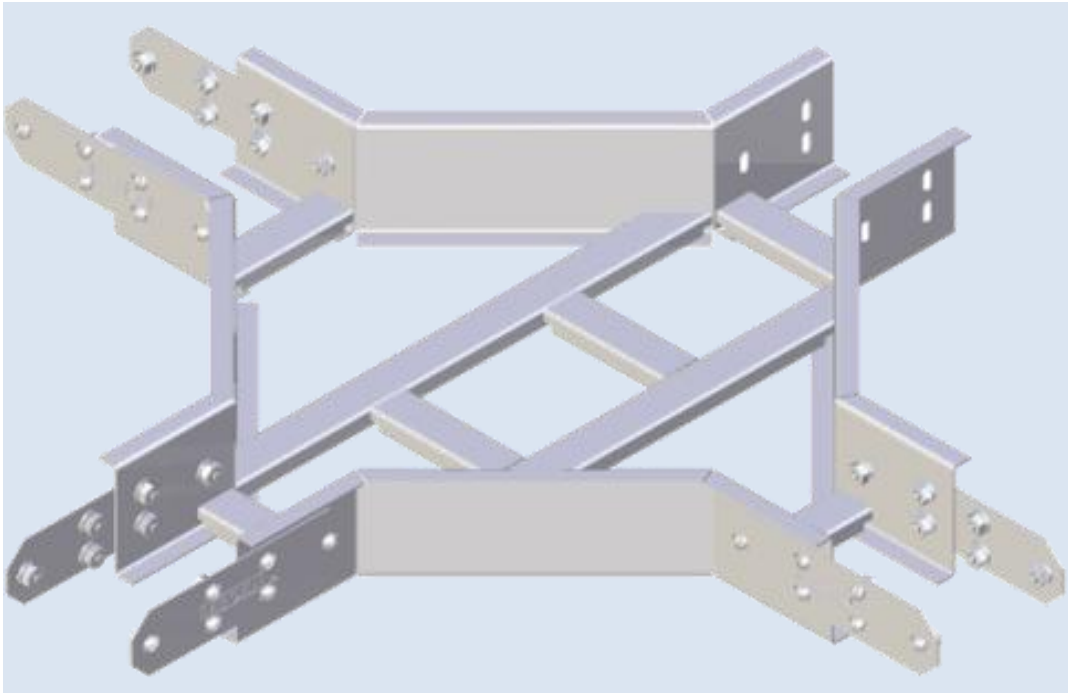
**4.2.2.3 Línea 3: Mecano.** Ofrece sistema porta cables, defensas viales, fijadores para tuberías y fábrica bajo especificaciones requeridas por sus clientes.

**Imagen 7. Bandejas porta cables.**



Fuente: **INDUSTRIAS CENO S.A.**

**Imagen 8. Cruz para bandeja porta cables.**



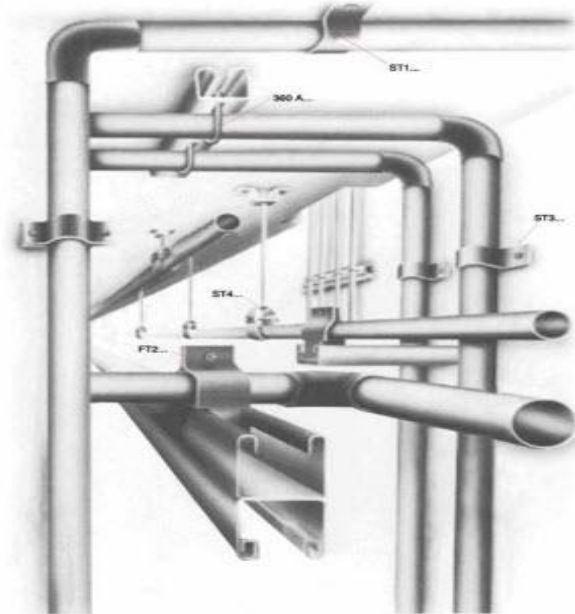
Fuente: **INDUSTRIAS CENO S.A. CATÁLOGO MECÁNO. (Bandeja de piso).**

**Imagen 9. Defensas viales.**



Fuente: **INDUSTRIAS CENO S.A.**

**Imagen 10. Fijadores para tuberías.**



**Fuente: INDUSTRIAS CENO S.A. CATÁLOGO MECÁNO.**

**4.2.2.4 Línea 4: Estructuras Metálicas.** Desarrolla importantes proyectos de diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas para el sector industrial y comercial (Imagen 8, 9 y 10).

**Imagen 11. Silos para Almacenamiento de Cemento**



**Fuente: INDUSTRIAS CENO S.A. CATALOGO SILOS Y TANQUES.**

**Imagen 12. Edificios en estructura.**



**Fuente: INDUSTRIAS CENO S.A. CATALOGO ESTRUCTURAS.**

**Imagen 13. Proyecto Hidroituango. (Guías para compuertas)**



**Fuente: INDUSTRIAS CENO S.A.**

**Imagen 14. Guías para compuertas.**



**Fuente: INDUSTRIAS CENO S.A.**

**4.2.2.5 Línea 5: Servicios De Recubrimiento.** Ofrece a sus clientes un moderno sistema de pintura electrostática en polvo; además, servicios de galvanizado en caliente por inmersión, servicio de granallado y pintura líquida; estas líneas de producción se convirtieron en áreas productivas claves de la empresa y en parte vital de su proyección actual y futura.

**Imagen 15. Pintura electrostática en polvo.**



**Fuente: INDUSTRIAS CENO S.A.**

**Imagen 16. Galvanizado en caliente.**



**Fuente: INDUSTRIAS CENO S.A.**



**Imagen 17. Cabina pintura electrostática.**



**Fuente: INDUSTRIAS CENO S.A.**

**Imagen 18. Sección de pintura líquida.**



**Fuente: INDUSTRIAS CENO S.A.**

**Imagen 19. Planta de galvanizado en caliente.**



**Fuente: INDUSTRIAS CENO S.A.**

**4.2.3 Proceso Productivo.** La línea de Estructuras Metálicas, posee una planta de producción de 4000 m<sup>2</sup> la cual se divide en varios procesos principales de manufactura: Corte, perforado, punzonado, rolado, armado, soldadura, granallado y pintura, el proceso de granallado se efectúa con un operario capacitado y comprometido, por medio de un sistema de aire a presión que impulsa granalla, por una manguera dirigida hacia la pieza realizar, un proceso de limpieza a gran variedad de estructuras, en las que encontramos tanques, cerchas, vigas, etc.

El proceso de granallado es realizado por un operario, encargado de ejecutarlo como la limpieza en el interior de la cabina y un auxiliar que se encarga de asistir en los movimientos, recogida y barrido de granalla, (material de limpieza) que se efectúa dentro de la cabina.

Logrando realizar una limpieza muy exigente a la pieza, y además a crear un perfil de anclaje que garantice una buena deposición de pintura líquida y por consiguiente una buena adherencia de la misma aplicada para que garantice una buena durabilidad ante ambientes con diferentes exigencias naturales.

Este sistema de granallado es considerado por la compañía uno de los procesos más importantes, pues *INDUSTRIAS CENO S.A.* es una de las pocas compañías que cuenta con este proceso de limpieza del sector metalmeccánico del país.

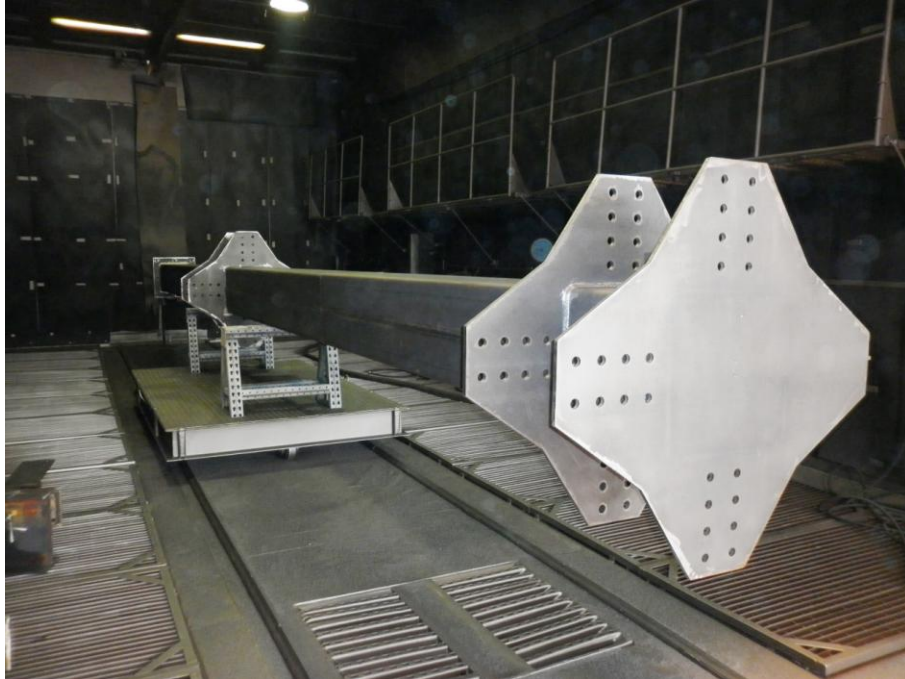
La cabina (Imagen 20) donde se desarrolla todo este proceso de limpieza y granallado y es el referente para realizar el (TPM) está ubicada en la sección de pintura líquida, una de las secciones que forma parte del negocio de estructuras metálicas y es el punto final de la cadena productiva, ya que allí se efectúa todo el proceso de pintura.

**Imagen 20. Cabina de Granallado.**



Fuente: **INDUSTRIAS CENO S.A.**

**Imagen 21. Material Granallado.**



**Fuente: INDUSTRIAS CENO S.A.**

#### **4.2.4 Proceso de Mantenimiento General**

**4.2.4.1 Objetivo.** Garantizar el funcionamiento de la infraestructura (Maquinaria, equipos de transporte, comunicación y servicios públicos) necesarios para lograr los objetivos de los procesos operativos de la Empresa.

**4.2.4.2 Descripción.** Se realiza el inventario de los equipos críticos (básicos para la operación) teniendo en cuenta aspectos como código, nombre de la máquina, sección y marca. Se actualiza el anexo GT-ane-07 Listado Maquinas Criticas.

Para las máquinas y herramientas se utiliza la siguiente codificación: XY-###, donde: X: Corresponde a la familia a la cual pertenece, Y: Corresponde al grupo específico de la familia y ###: Corresponde al consecutivo.

Se ingresa la información de cada familia de equipos en la base de datos del software JD Edwards para mantenimiento preventivo, las cuales deben ser actualizadas cuando cambien las características de cada equipo.

Esto se realiza a través de las aplicaciones creación y consulta de OT Modelo (P48201 - IC0020) y Programa MP de Equipo (P1207 - IC0001).

Se elabora el Programa de Mantenimiento Preventivo, con base en las rutinas de mantenimiento indicadas en los manuales y diligenciando el GT-for-01 Cronograma Mensual de Mantenimiento Preventivo y GT-for-02 Cronograma y Registro Anual de Mantenimiento, los cuales se comunica al equipo de Mantenimiento y Proceso de Manufactura.

Se solicita al Almacén General los recursos requeridos para el mantenimiento de equipos a través de la aplicación Impresión de Lista de Piezas a solicitar Almacén (R13415 - IC0002) o el formato LO-for-03 Vale de Consumo, por medio del proceso de Logística se aseguran los recursos para ejecutar el Programa de Mantenimiento Preventivo.

Se generan las órdenes de trabajo para ejecutar el mantenimiento preventivo a través de la aplicación Generación de WM tipo 6 Múltiple Selección (R12807 - IC0002), se actualiza el formato GT-ane-07 Listado Maquinas Criticas.

El Líder de Mantenimiento de Equipos e Infraestructura, determina si se cumplió el Programa de Mantenimiento Preventivo, en caso negativo se reprograma el mismo.

Con base en los mantenimientos realizados, se actualiza la historia de cada equipo en la base de datos y en el formato GT-for-02 Cronograma y registro anual de mantenimiento. Las necesidades de mantenimiento correctivo y/o servicios se registran por medio de la aplicación Registro WM Planta (P48201 - IC0001), diligenciado por el equipo de Mantenimiento, personal de Manufactura, Logística o Montajes.

Se coordina el reemplazo del equipo al que se le va a hacer mantenimiento correctivo, con el fin de no entorpecer las actividades de los procesos operativos. Esta actividad se realiza cuando sea necesario. Se solicita al Almacén General los recursos requeridos para el mantenimiento de equipos a través de la aplicación Impresión de Lista de Piezas a solicitar Almacén (R13415 - IC0002) o el formato LO-for-03 Vale de Consumo.

Por medio del proceso de Logística se aseguran los recursos para ejecutar el Mantenimiento Correctivo y/o servicio respectivo.

El mantenimiento correctivo de equipo e infraestructura se ejecuta según lo definido en la WM asociada, y de acuerdo a las prioridades y recurso humano disponibles. Una vez realizado el mantenimiento, se complementa la información de la WM (Orden de Mantenimiento) ejecutada, a través de la aplicación (P48201 Versión IC0009) WM Asignadas y en Ejecución. En caso de requerirse reparaciones con proveedores externos, el Líder de Mantenimiento de Equipos e Infraestructura o supervisor de Mantenimiento coordina las actividades necesarias.

El líder de Mantenimiento de Equipos e Infraestructura determina si el mantenimiento realizado a la máquina fue eficaz a través de la aprobación del supervisor de Producción u Operario de la Máquina respectiva.

Con base en los mantenimientos realizados, se actualiza la base de datos de los equipos.

**4.2.4.3 Condiciones Generales.** Este procedimiento puede ser utilizado para los equipos y herramientas no críticas, en caso de ser necesario. Para este procedimiento se debe tener en cuenta el anexo GT-ane-07 Listado Máquinas Críticas, equipos seleccionados para realizarles mantenimiento preventivo. El anexo GT-ane-08 Codificación de Equipos, contiene la codificación de todos los equipos de la Empresa. En el anexo GT-ane-09 Lubricación de Equipos, se describe la lubricación del equipo, su lubricante y sus puntos de lubricación.

La Orden de Requisición para la compra de elementos inventariables y repuestos se realiza a través de la aplicación Solicitud de Compra Inventario (P4310 - IC0001). La Orden de Requisición para la compra de elementos no inventariables se realiza a través de la aplicación Solicitud de Compra No Inventario (P4310 - IC0013).

La fabricación de troqueles y prestación de servicios, se realiza con proveedores externos, la solicitud de los trabajos se diligencia por medio de una Orden de Requisición, la cual se realiza a través de la aplicación Solicitud de Compra Servicio (P4310 - IC0005).

## 5 DISEÑO METODOLÓGICO

Para poder lograr los objetivos deseados con el presente proyecto se deben realizar algunos seguimientos al proceso, los cuales permiten visualizar la magnitud de la problemática a estudiar como también saber qué herramientas se pueden utilizar según las necesidades de la empresa y de sus operarios, especialmente en el área de la cabina de granallado.

La herramienta seleccionada para desarrollarse debe desplegarse mediante una serie de fases o etapas las cuales crearan progresivamente una cultura de preservación y conservación de máquinas de trabajo.

### 5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN Y ENFOQUE METODOLÓGICO

El proyecto según el alcance será descriptivo y explicativo, este tipo de investigación descriptiva, es donde se examinan las características escogidas, se miden las variables más significativas que se presentan en el proceso de granallado por medio de técnicas para la recolección de los datos, con el fin de clasificar las más significativas que se adecuen al estudio y permitan manifestar las semejanzas, diferencias y relaciones significativas, que analizan e interpretan los datos obtenidos en términos claros y precisos, este tipo de investigación nos ayuda también a la predicción e identificación de las relaciones que existe entre dos o más variables. Por otro lado la explicativa, busca un tipo de investigación del porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto, dando a conocer la realidad del problema en el proceso de granallado, de una manera clara y bien estructurada del problema estudiado, para luego poder encontrar la solución más apropiada al mejoramiento del proceso.

### 5.2 ETAPAS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

Cada etapa consta de pasos que deben seguirse y conocerse muy bien para lograr los resultados esperados, de acuerdo a la necesidad que posee la empresa *INDUSTRIAS CENO S.A.* se propone desarrollar las etapas siguientes:

**5.2.1 Planteamiento del problema.** La identificación del problema es la etapa donde se estructura la idea del proyecto, donde se definirán qué hacer y se analizaran las características más importantes de la situación actual y las condiciones en que se presenta la empresa *INDUSTRIAS CENO S.A.*, cuáles son las posibles causas y efectos que trae este problema (inmediatos a corto, mediano y largo plazo). A partir de ese análisis se hace un listado de las necesidades o problemas y se identifica el problema central, es decir, el que se debe atender. Una buena identificación del problema implica necesariamente la delimitación del campo de investigación, es decir establecer claramente los límites dentro de los

cuales se desarrollará el proyecto con el fin de no perder el rumbo en la investigación y alcanzar los objetivos planteados. Se formulara el problema es decir presentarlo sintetizado en una pregunta concreta y esta pregunta la responderemos en el desarrollo del proyecto.

**5.2.2 Objetivos.** Se explicara qué se persigue o pretende con el trabajo de grado. Estos objetivos serán la guía o brújula que nos van a guiar en toda la investigación, así mostrando hasta donde se quiere llegar y que se pretende lograr con este proyecto.

**5.2.3 Marco de Referencia.** Se presentara el contexto donde se desarrollara el proyecto y escenario de la investigación. Este punto tiene como objetivo ubicar el proyecto dentro de una realidad específica caracterizándola en forma concreta. Para ello se elaborara una reseña y descripción de la empresa INDUSTRIAS CENO S.A donde se llevará a cabo el proyecto, así como de los sujetos, procesos y situaciones que serán estudiadas resaltando aquellas características y variables que influyan en forma directa o indirecta en el problema.

**5.2.4 Mejoras Enfocadas.** En la empresa *INDUSTRIAS CENO S.A.* existen problemas por paros de maquinaria para mantenimientos correctivo generando ineficiencia del proceso y tiempos muertos, por lo cual se propone implementar la herramienta de gestión **Mejoras Enfocadas**, la cual es un pilar del **TPM**, que busca reducir los costos de producción, erradicando pérdidas generadas por actividades que roban efectividad a los procesos.

Las Mejoras Enfocadas consisten en capacitar a los trabajadores para que ellos aprendan a conocer más los puestos de trabajo y la maquinaria que operan, desarrollando la capacidad de evidenciar cualquier anomalía y prevenir un daño o accidente. Los pasos esenciales para el desarrollo de la metodología es:

- Definir el problema
- Desarrollar diagrama de Ishikawa
- Desarrollar análisis porque-porque
- Crear plan de acción
- Hacer seguimiento a los resultados

La empresa debe identificar las principales pérdidas que existen en los procesos productivos a partir de ese punto.

Para la inducción del personal se debe dar a conocer los formatos que se utilizan en los casos, los cuales se diligencian en un orden lógico, por parte de todos los integrantes del grupo o varios de ellos, donde se plasma la idea de mejora que tienen para ser presentada a la gerencia.



**5.2.5 Listas Sistémicas De Inspección.** Para desarrollar un buen sistema de limpieza y mantenimiento en las máquinas de una empresa, es importante diseñar formatos que faciliten realizar las actividades asignadas en el lugar de trabajo y la frecuencia con que debe hacerse, además de poder hacer inspecciones sistemáticas y metódicas a fin de lograr áreas de trabajo más limpias, seguras y productivas.

Para las personas encargadas de las áreas se hace mas sencillo controlar y hacer seguimiento a los tiempos de mantenimiento, además se obtiene menos riesgo de accidentalidad, menos fallas mecánicas, más confort para los empleados y mayor eficiencia del equipo.

Los formatos deben ser lo suficientemente claros y sencillos para la buena documentación de la información y la óptima manipulación por parte de los operarios.

**5.2.6 Listas De Chequeo.** Luego de diligenciar los formatos necesarios para ejecutar una inspección completa, segura y dinámica, es necesario establecer una secuencia para verificar que el procedimiento anterior se ejecute cabalmente donde se evidencie la frecuencia con que se realizaran las actividades y el acatamiento del estándar de limpieza, delegando la responsabilidad a uno de los miembros del equipo. Se debe partir de un acuerdo inicial con los directivos de la organización y del área a intervenir, dejando muy claro lo que se debe hacer en caso que no se cumplan las actividades planeadas.

Las listas de chequeo deben poseer información clave para el reconocimiento y entendimiento de las actividades que es preciso hacer para cumplir, es decir, deben contener imágenes de las piezas o maquinas a limpiar, especificación de actividad a desarrollar, frecuencia con que se debe desarrollar y calculo de porcentaje de cumplimiento de las limpiezas diarias.

Para llevar un control de las limpiezas las directivas de la empresa tienen la obligación de realizar inspecciones de chequeo, para lo cual debe aportarse un formato que facilite el estudio.

La información requerida para este formato es la misma que contiene el formato para planta, pero es necesario que disponga de espacios para: Observaciones y fechas de inspección.

**5.2.7 Generación De Propuestas Ambientales.** Hoy en día, es poco viable producir sin tener en cuenta la afectación que se pueda hacer al medio ambiente. Sin duda se hace necesario la implementación de propuestas que partan de la situación actual de la cabina granalladora, teniendo en cuenta en primera medida la calidad de vida del operario, segundo, la sociedad aledaña a la compañía y tercero la reducción parcial o total de partículas que son expulsadas al medio ambiente u otros contaminantes, que a futuro tengan un impacto ambiental en el calentamiento global que afecta tanto el planeta.

Para aportar propuestas acordes a la necesidad de la empresa, es necesario realizar un análisis de la situación, donde se estudien caracteres como aspecto e impacto ambiental, tipo de impacto, factor afectado, características de medición y valoración del impacto, a partir de los resultados obtenidos, se parte a realizar propuestas de mitigación.

### **5.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

La información requerida para el desarrollo del proyecto es en primera instancia de fuentes primarias, las cuales son: Datos históricos, documentación de procesos y registro sistemático por observación directa del grupo de investigación.

**5.3.1 Fuentes de Información.** Las fuentes utilizadas son:

**5.3.1.1 Primarias.** Observación directa, datos históricos, documentación interna de la empresa *INDUSTRIAS CENO S.A.*, fotos y formatos actuales que están en la empresa.

**5.3.1.2 Secundarias.** Libros, artículos de revistas y fotos de internet.

**5.3.2 Técnicas para recolección de la información.** Entrevistas las cuales permitirá a los analistas conocer dónde está la organización, para dónde va, y la situación actual del área de la cabina de granallado. Otra técnica es obtener registros fotográficos.

**5.3.3 Instrumentos para registro de información.** Se utilizara una hoja de análisis, donde se hará un análisis más profundo a la empresa

**Tabla 6. Hoja de Análisis**

<b>ENCABEZADO</b>			
<p>OPERACIÓN:</p> <p>DEPARTAMENTO:</p> <p>ANALIZADO POR:</p>			
<b>PREGUNTAS</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>NOTAS</b>
<p style="text-align: center;"><b>MATERIALES</b></p> <p>1. ¿Podrían sustituirse los que se utilizan por otros más baratos?</p> <p>2. ¿Se recibe el material con características uniforme y está en buenas condiciones al llegar al operador?</p> <p>3. ¿Tiene las dimensiones, peso y acabado más adecuado y económico para su mejor utilización?</p> <p>4. ¿Se utilizan completamente los materiales?</p> <p>5. ¿Se podría encontrar alguna utilización para los residuos y desperdicios?</p> <p>6. ¿Podría reducirse el número de almacenamientos del material o alguna de las partes del proceso?</p>			
<p style="text-align: center;"><b>MANEJO DE MATERIALES</b></p> <p>1. ¿Podría reducirse el número de manipulaciones a que están sometidos los materiales?</p> <p>2. ¿Podría acortarse las distancias por recorrer?</p> <p>3. ¿Se reciben, mueven y almacenan los materiales en depósitos adecuados y limpios?</p> <p>4. ¿Hay retraso en la entrega de los materiales a los obreros?</p>			

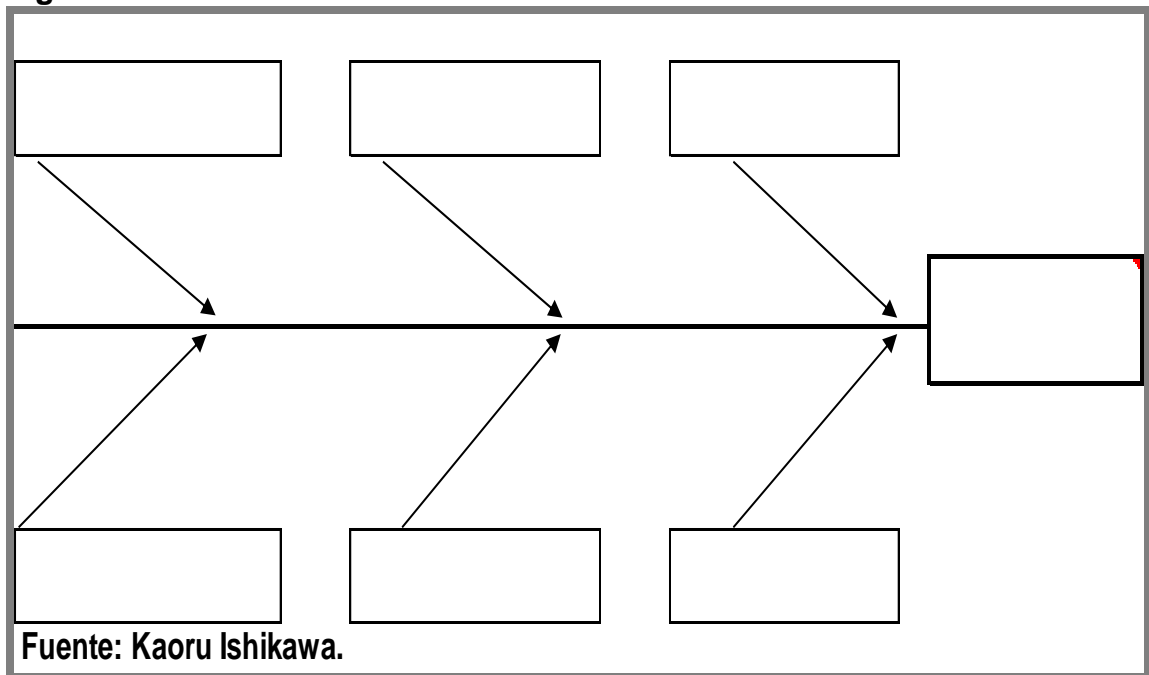
<p>5. ¿Podría relevarse a los obreros del transporte de materiales usando transportadores?</p>			
<p>6. ¿Podrían reducirse o eliminarse los retrasos que experimenta el material durante su transporte en la fábrica?</p> <p>7. ¿Sería posible evitar el transporte de los materiales mediante el reajuste de ciertas operaciones?</p>			
<p><b>HERRAMIENTAS Y OTROS ACCESORIOS</b></p> <p>1. Las herramientas que se emplean, ¿son las más adecuadas para el trabajo que se realiza?</p> <p>2. ¿Están todas las herramientas en buenas condiciones de utilización?</p>			
<p>3. ¿Están bien afiladas las herramientas que se utilizan para cortar?</p> <p>4. ¿Se podrían cambiar por otras las herramientas y otros accesorios para disminuir el esfuerzo?</p> <p>5. ¿Se utilizan ambas manos en trabajo realmente productivo con el empleo de las herramientas disponibles?</p> <p>6. ¿Se emplea toda clase de accesorios convenientes, tales como transportadores, plano inclinado, soportes apropiados, etc.?</p> <p>7. ¿Podría hacerse algún cambio técnico importante para simplificar la forma proyectada para la ejecución del trabajo?</p>			

<p><b>MAQUINARÍA</b></p> <p><b>MONTAJE:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Podría cada operador montar su propia maquinaria?</li> <li>2. ¿Podría reducirse el número de montajes adecuando los lotes de producción?</li> <li>3. ¿Se obtienen oportunamente los dibujos, herramientas y aparatos de medición?</li> <li>4. ¿Se producen retrasos en la comprobación de las primeras piezas producidas?</li> </ol>			<p><b>NOTAS</b></p>
<p><b>PREGUNTAS</b></p>	<p><b>SI</b></p>	<p><b>NO</b></p>	
<p><b>OPERACIONES O TRABAJOS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Puede eliminarse alguna operación?</li> <li>2. ¿Podría aumentar la producción?</li> <li>3. ¿Puede aumentar la alimentación o velocidad de la máquina?</li> <li>4. ¿Podría utilizarse un alimentador automático?</li> <li>5. ¿Podría subdividirse la operación en otras de dos o más de menor duración?</li> <li>6. ¿Podrían combinarse dos o más operaciones en una sola?</li> <li>7. ¿Podría disminuirse la cantidad de trabajo inútil o mal aprovechado?</li> <li>8. ¿Podría adelantarse alguna parte de la operación siguiente?</li> <li>9. ¿Podrían eliminarse o reducirse las interrupciones?</li> <li>10. ¿Podría combinarse la inspección con otra operación?</li> </ol>			
<p><b>OPERADORES</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Está el obrero calificado favorablemente tanto mental como físicamente para realizar su trabajo?</li> </ol>			<p><b>NOTAS</b></p>

<p>2. ¿Se podría eliminar la fatiga innecesaria mediante condiciones o disposiciones del trabajo?</p> <p>3. Los salarios base ¿son los adecuados para esta clase de trabajo?</p> <p>4. ¿Es satisfactoria la inspección?</p> <p>5. ¿Podría mejorar su trabajo el operador instruyéndolo convenientemente?</p>			
<p>PREGUNTAS</p>	<p>SI</p>	<p>NO</p>	
<p>CONDICIONES DE TRABAJO</p> <p>1. ¿Son adecuadas para el trabajo la iluminación, la calefacción y la ventilación?</p> <p>2. ¿Son apropiados los cuartos de aseo, armarios, cortinas y ventanas?</p> <p>3. ¿Hay algún riesgo innecesario en el trabajo?</p> <p>4. ¿Se ha previsto lo conveniente para que el obrero pueda trabajar indistintamente de pie o sentado?</p> <p>5. ¿La jornada de trabajo y los períodos de descanso son los más económicos?</p> <p>6. ¿Las máquinas están pintadas adecuadamente?</p> <p>7. ¿Existe confort en el área de trabajo?</p> <p>8. ¿Son apropiados los estantes para guardar las herramientas?</p> <p>9. ¿Existe limpieza en el área de trabajo?</p> <p>10. ¿Existe seguridad para que el obrero realice su trabajo adecuadamente?</p>			
<p><b>Fuente: Asesor Walter Gómez.</b></p>			

Se utilizara un diagrama causa efecto. (Figura 6.)

**Figura 6. Causa Efecto**



Se trabajara con la Tabla 7. Factores internos y externos.

**Tabla 7. Factores Internos y externos**

FACTORES INTERNOS	FACTORES EXTERNOS

**Fuente: Equipo de Investigación**

Se mencionaran indicadores de productividad y se utilizaran fórmulas para identificar cual es el nivel de la eficiencia en la empresa.

## 6.RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 6.1 ANÁLISIS DE SITUACIÓN

En la sección de pintura líquida de la empresa *INDUSTRIAS CENO S.A.* está instalada una cabina de granallado de gran dimensión, donde existen problemas de tiempos muertos muy altos, que no agregan valor al proceso, por lo cual se eleva el costo del producto terminado en dicha cabina.

Es pertinente hacer un estudio y análisis, para poder tener un diagnóstico real de la actividad donde se está presentando el evento, lo anterior con base a un dato histórico de los últimos seis meses (enero – junio de 2013) sobre los mantenimientos correctivos y preventivos ejecutados en la máquina, donde se puede observar lo siguiente:



**Tabla 8. Histórico de mantenimiento en cabina granallado.**

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN ORDEN DE TRABAJO	Tipo MTO	Fecha Orden	Fecha intervención	Turno 1	Turno 2	Turno 3	Total Paros en horas
TRANSPOR CANGILONES GRANALLA	TIENE FUGAS	Correctivo	26/01/2013	29/01/2013	4			<b>80</b>
CABINA GRANALLADO 729 M3	CAMBIO DE CODO	Correctivo	07/02/2013	07/02/2013		3		
TRANSPOR RECTO IZQ GRANALLA	CAMBIO DE CHUMACERA	Correctivo	07/02/2013	07/02/2013	8	6		
TRANSPOR RECTO IZQ GRANALLA	AISLAMIENTO DEL SISTEMA ELECTR	Correctivo	18/02/2013	18/02/2013		6		
TRANSPOR RECTO DER GRANALLA	AISLAMIENTO ELECTRICO	Correctivo	21/03/2013	22/03/2013	4	5		
RIEL EN I PUENTE GRUA GRANALLA	AJUSTE CONTROL DE MANDO	Correctivo	27/03/2013	01/04/2013	2			
TRANSPOR CANGILONES GRANALLA	REV TRANSPO DE CANGILONES	Correctivo	26/04/2013	29/04/2013		8		
RIEL EN I PUENTE GRUA GRANALLA	AISLAMIENTO DEL SISTEMA ELECTR	Correctivo	02/05/2013	02/05/2013	3			
CABINA GRANALLADO 729 M3	FALTA DE SELLO EN LA VALVULA	Correctivo	02/05/2013	04/05/2013		6		
CABINA GRANALLADO 729 M3	FALLO ILUMINACION	Correctivo	16/05/2013	18/05/2013		2		
CABINA GRANALLADO 729 M3	ARREGLO DE CASCO	Correctivo	31/05/2013	01/06/2013	3		8	
CABINA GRANALLADO 729 M3	FALLO EMPAQUETADURA VALVULA	Correctivo	28/06/2013	08/07/2013	6			
CABINA GRANALLADO 729 M3	FALLO ILUMINACION AREA DE TRAB	Correctivo	29/06/2013	10/07/2013	6			
					<b>36</b>	<b>36</b>	<b>8</b>	
turnos								
6 am 2 pm (1)			<b>Turno 1 y 2</b>	<b>Turno 3</b>	72			
2pm 10 pm (2)	6 Mesesx24 días habiles de cada mes		144	144				
10pm 6am (3)	Un Turno tiene 8 Horas habiles		16	8				
	Horas Semestre x Turno		2304	1152	<b>3456</b>	<b>80</b>		
	Tiempo perdido		3%	1%	<b>2,3%</b>			
	Efectividad Turno		97%	99%				
	Efectividad x los 3 Turnos		<b>97,69%</b>					
<b>Fuente: INDUSTRIAS CENO S.A.</b>								

De acuerdo al cuadro anterior, se puede analizar que los tiempos perdidos en la cabina de granallado por mantenimiento correctivo, suman un 3% que equivale a 14.4 minutos por turno de 8 horas, afectando directamente la eficiencia del proceso.

## 6.2 HOJA DE ANÁLISIS

Es importante para un mejor estudio, ejecutar una hoja de análisis suministrada por el docente asesor del presente proyecto, que facilita herramientas suficientes para el desarrollo de un análisis más profundo.

**Tabla 9. Formato de Hoja de Análisis.**

<b>ENCABEZADO</b>	
OPERACIÓN: Granallado	
DEPARTAMENTO: Sección Pintura	
ANALIZADO POR: JAVIER, FERNANDO Y LILIANA	

<b>PREGUNTAS</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>NOTAS</b>
<b>MATERIALES</b>		X	Porque hay que cumplir con los requerimientos técnicos del cliente.
6. ¿Podrían sustituirse los que se utilizan por otros más baratos?			
7. ¿Se recibe el material con características uniforme y está en buenas condiciones al llegar al operador?	X		
8. ¿Tiene las dimensiones, peso y acabado más adecuado y económico para su mejor utilización?	X		
9. ¿Se utilizan completamente los materiales?		X	Hay que realizar cortes, ya que el proceso lo requiere.
10. ¿Se podría encontrar alguna utilización para los residuos y desperdicios?	X		
6. ¿Podría reducirse el número de almacenamientos del material o alguna de las partes del proceso?	X		Todos los residuos son reciclables.

**Tabla 9. Continuación.**

<b>MANEJO DE MATERIALES</b>			
1. ¿Podría reducirse el número de manipulaciones a que están sometidos los materiales?		X	Ya que el proceso requiere un orden lógico de acuerdo a su fabricación.
2. ¿Podría acortarse las distancias por recorrer?	X		
3. ¿Se reciben, mueven y almacenan los materiales en depósitos adecuados y limpios?	X		
4. ¿Hay retraso en la entrega de los materiales a los obreros?	X		
5. ¿Podría relevarse a los obreros del transporte de materiales usando transportadores?	X		
<b>PREGUNTAS</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	
6. ¿Podrían reducirse o eliminarse los retrasos que experimenta el material durante su transporte en la fábrica?	X		
7. ¿Sería posible evitar el transporte de los materiales mediante el reajuste de ciertas operaciones?	X		
<b>HERRAMIENTAS Y OTROS ACCESORIOS</b>			
1. Las herramientas que se emplean, ¿son las más adecuadas para el trabajo que se realiza?	X		
2. ¿Están todas las herramientas en buenas condiciones de utilización?	X		

**Tabla 9. Continuación.**

<b>HERRAMIENTAS Y OTROS ACCESORIOS</b>			
3. ¿Están bien afiladas las herramientas que se utilizan para cortar?	X		
4. ¿Se podrían cambiar por otras las herramientas y otros accesorios para disminuir el esfuerzo?	X		
5. ¿Se utilizan ambas manos en trabajo realmente productivo con el empleo de las herramientas disponibles?	X		
6. ¿Se emplea toda clase de accesorios convenientes, tales como transportadores, plano inclinado, soportes apropiados, etc.?	X		
7. ¿Podría hacerse algún cambio técnico importante para simplificar la forma proyectada para la ejecución del trabajo?	X		
<b>MAQUINARÍA</b>			<b>NOTAS</b>
<b>MONTAJE:</b>			
1. ¿Podría cada operador montar su propia maquinaria?	X		Se trabajan diferentes proyectos en la planta aun mismo tiempo.
2. ¿Podría reducirse el número de montajes adecuando los lotes de producción?	X		

**Tabla 9. Continuación.**

PREGUNTAS	SI	NO	
3. ¿Se obtienen oportunamente los dibujos, herramientas y aparatos de medición?	X		
4. ¿Se producen retrasos en la comprobación de las primeras piezas producidas?	X		Falta de una asistencia oportuna de calidad.
<b>OPERACIONES O TRABAJOS:</b>			
1. ¿Puede eliminarse alguna operación?		X	
2. ¿Podría aumentar la producción?	X		
3. ¿Puede aumentar la alimentación o velocidad de la máquina?	X		
4. ¿Podría utilizarse un alimentador automático?	X		Ojo solo en la alimentación
5. ¿Podría subdividirse la operación en otras de dos o más de menor duración?		X	
6. ¿Podrían combinarse dos o más operaciones en una sola?	X		
7. ¿Podría disminuirse la cantidad de trabajo inútil o mal aprovechado?	X		
8. ¿Podría adelantarse alguna parte de la operación siguiente?		X	
9. ¿Podrían eliminarse o reducirse las interrupciones?	X		
10. ¿Podría combinarse la inspección con otra operación?	X		
<b>OPERADORES</b>			NOTAS
1. ¿Está el obrero calificado favorablemente tanto mental como físicamente para realizar su trabajo?	X		
2. ¿Se podría eliminar la fatiga innecesaria mediante condiciones o disposiciones del trabajo?	X		
	X		
3. Los salarios base ¿son los adecuados para esta clase de trabajo?	X		
4. ¿Es satisfactoria la inspección?			

**Tabla 9. Continuación.**

<b>OPERADORES</b>			<b>NOTAS</b>
5. ¿Podría mejorar su trabajo el operador instruyéndolo convenientemente?	X		
<b>PREGUNTAS</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	
<b>CONDICIONES DE TRABAJO</b>			
1. ¿Son adecuadas para el trabajo la iluminación, la calefacción y la ventilación?		X	
2. ¿Son apropiados los cuartos de aseo, armarios, cortinas y ventanas?	X		
3. ¿Hay algún riesgo innecesario en el trabajo?		X	
4. ¿Se ha previsto lo conveniente para que el obrero pueda trabajar indistintamente de pie o sentado?	X		
5. ¿La jornada de trabajo y los períodos de descanso son los más económicos?	X		
6. ¿Las máquinas están pintadas adecuadamente?	X		
7. ¿Existe confort en el área de trabajo?	X		
8. ¿Son apropiados los estantes para guardar las herramientas?	X		
9. ¿Existe limpieza en el área de trabajo?	X		
10. ¿Existe seguridad para que el obrero realice su trabajo adecuadamente?	X		
<b>Fuente: Asesor Walter Gómez.</b>			

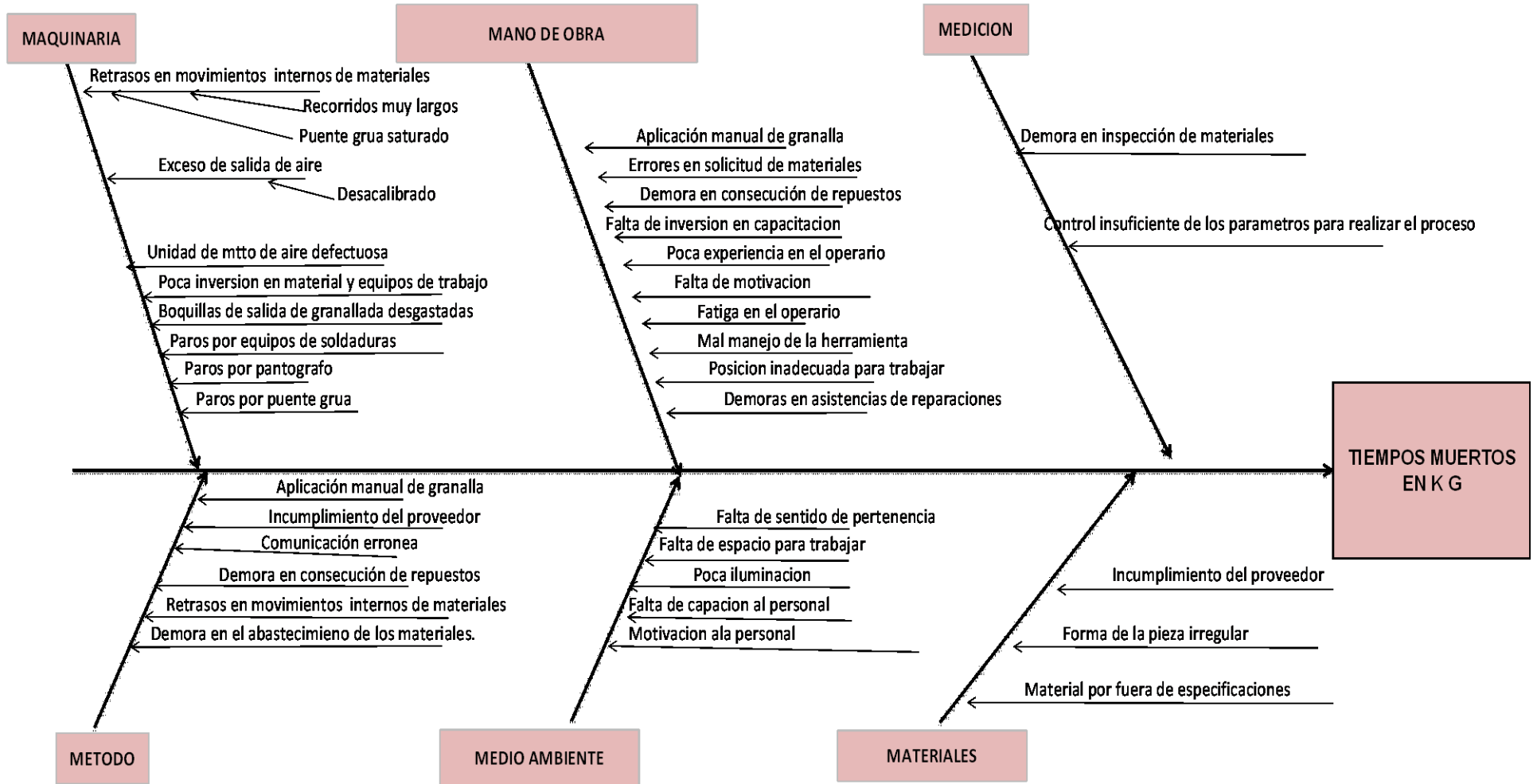
De acuerdo al resultado que arroja el desarrollo del cuadro anterior, se considera necesario realizar un diagrama causa efecto con el fin de encontrar otras variables, que arrojen unas pérdidas más significativas en los tiempos muertos que se presentan en la cabina.

### **6.3 CAUSA EFECTO**

Para obtener un buen análisis del problema se analizan las 6 M, que son Maquinaria, Mano de obra, Medición, Método, Medio ambiente y Materiales.

Figura 5. Diagrama Causa Efecto

DIAGRAMA CAUSA EFECTO



Fuente: Equipo de investigacion con informacion de **INDUSTRIAS CENO S.A.**



El desarrollo del diagrama causa efecto arroja dos variables muy significativas, una de ellas es la maquinaria, muestra que existen retrasos en movimientos externos de materiales generados por recorridos muy largos, o por puente grúa saturado y también se evidencia la deficiencia del mantenimiento realizado a la máquina.

De acuerdo a la información anterior, se da por hecho que en *INDUSTRIAS CENO S.A.* existe una necesidad de mejorar la coordinación en el traslado de materiales y utilización de puente grúa.

Por otra parte la Mano de Obra, afecta los tiempos muertos de la cabina de granallado debido a errores en la solicitud de materiales de la cabina, demora en la solicitud de repuestos, falta de inversión en capacitación, falta de motivación, posición inadecuada para trabajar, entre otras. Lo que da a entender, que urge desarrollar proyectos sistémicos, donde se ataque la calificación de los trabajadores y el método de trabajo utilizado.

#### **6.4 INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD**

Partiendo de los resultados anteriores, se determina la necesidad de desarrollar un análisis a los indicadores de productividad de la empresa *INDUSTRIAS CENO S.A.*, para lo cual se posee información de la producción de los últimos meses en la cabina de granallado, la cual procede de la siguiente manera, la empresa tiene un estimado de producción de 26.250 m<sup>2</sup> y en la tabla 8 se evidencia lo siguiente:

**Tabla 10. Indicador de productividad de la Cabina de granallado.**

ESTANDAR M2 CENO 150/TURNO						
Año	Mes	Operario	días labor	Área m <sup>2</sup> Granallado	esperado m2	% eficiencia
2013	Enero	Duvalier Moncada	15	828.6	7650	37%
2013	Marzo	Duvalier Moncada	16	1235.3		
2013	Junio	Duvalier Moncada	20	802.8		
Total			51	2866.7		
2013	Abril	Jairo López	1	57	2550	31%
2013	Mayo	Jairo López	7	318.11		
2013	Junio	Jairo López	9	404.7		
Total			17	779.81		
2013	Enero	Martin Zapata	9	681.1	8250	68%
2013	febrero	Martin Zapata	1	168.5		
2013	Marzo	Martin Zapata	20	1436.8		
2013	Mayo	Martin Zapata	7	608.9		
2013	Junio	Martin Zapata	18	842.5		
Total			55	3737.8		
2013	Enero	Jorge Sepúlveda	1	100.5	7800	61%
2013	febrero	Jorge Sepúlveda	3	153		
2013	Marzo	Jorge Sepúlveda	18	1338		
2013	Mayo	Jorge Sepúlveda	21	1222.7		
2013	Junio	Jorge Sepúlveda	9	340.6		
Total			52	3154.8		

**Fuente: INDUSTRIAS CENO S.A.**

De acuerdo a la información obtenida se puede decir que:

Estándar de producción 26250 m<sup>2</sup>

Días laborados: 175

Metros granallados: 10539.11

Mano de obra utilizada: 4

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{real}}{\text{estimado}} = \frac{10539.11\text{m}^2}{26250\text{m}^2} = 40\%$$

El área de granallado tuvo un 40% de eficiencia en los primeros 6 meses del año, produciendo 15710.89 m<sup>2</sup> menos de lo esperado, lo que indica que el proceso debe ser mejorado, lo cual hace necesario un análisis de las posibles causas para poder atacarlas, de lo contrario el proceso no será rentable a corto plazo y deberán tomarse medidas apresuradas.

## 6.5 FACTORES INTERNOS Y EXTERNOS

Cualquier problema que se genera en una empresa tiene una razón causal, en este caso el déficit en eficiencia del proceso de granallado, por lo que es necesario realizar un análisis de los factores internos y externos que pudiesen ser los causantes de las fallas constantes de la cabina de granallado.

**Tabla 11. Factores internos y externos.**

FACTORES INTERNOS	FACTORES EXTERNOS
1. Fatiga del operario	1. Demoras en movimiento de materiales con puente grúa
2. Insuficiencia de aire al interior de la cabina	2. Liberación de material por parte de aseguramiento de la calidad
3. Poca iluminación	3. Falta de asistencia inmediata por parte de mantenimiento
4. Posición del operario	4. Repuestos de baja calidad
5. Poco entrenamiento del operario	5. Incumplimiento del programa según cronograma
6. Motivación salarial	6. Mala comunicación
7. Boquillas desgastadas	7. Inversión en capacitación
8. Mangueras de aire desgastadas	8. Cambios imprevistos de la programación
9. Espacios reducidos para traslado y movimiento de materiales	9. Daños inesperados de las máquinas, y centros de trabajo
10. Forma irregular de la pieza que se granalla	10. Estado del clima
11. Mala ubicación de maquinas y herramientas	11. Poca iluminación en el exterior de la planta
12. Mala programación de la producción	12. Falta de espacios para continuar con el proceso.
13. Mala comunicación	
14. Planta desbalanceada	
<b>Fuente: Equipo de investigación.</b>	

Conforme a la información anterior se deduce que la problemática mayor se encuentra en el factor mano de obra, ya que el resultado de los indicadores de eficiencia arroja porcentajes considerablemente bajos, además es evidente que la máquina está teniendo fallas mecánicas por falta de conocimiento de los que la operan. Si estos trabajadores conocieran a fondo el funcionamiento y detectarían una anomalía en ella, sería posible prevenir los paros por fallas.

Cada mes se pierden 345.6 minutos por turno, lo que indica que es de gran urgencia ejecutar un plan de mantenimiento autónomo y jornada de apropiación del puesto de trabajo a los operarios. Estos minutos equivalen a 5.76 horas.

De acuerdo a lo anterior, se presenta en el área un tiempo muerto por mantenimiento, preventivo y correctivo que representa un 3%, lo cual afecta en gran medida la eficiencia de la máquina, además se evidencian cuellos de botella en la maquinaria, debido a retrasos en movimientos externos a la KG, generados por recorridos muy largos o en otras ocasiones por el puente grúa muy saturado. Siendo esta una variable que debe ser tomada en cuenta, dado que puede estar representando un 25% de los tiempos perdidos en la KG.

## 6.6 INTERPRETACIÓN GLOBAL DE LOS RESULTADOS

Si se considera un turno de 8 horas, en el cual se evidencia solo un 47% de tiempo real granallado, evidenciado en el horómetro que tiene instalado la KG y un 3% de paros por mantenimiento correctivo, es notorio que hay un 50% de tiempo en la KG perdido por movimientos externos, o mano de obra, u órdenes de materiales mal elaboradas. Y si se parte del hecho de que los movimientos externos no se pueden eliminar totalmente pero que un 50% es muy alto. Es factible pensar en mejorar los tiempos muertos de la cabina de granallado bajando los movimientos externos a un 25 o 30%.

Según la Tabla 6 del histórico de mantenimiento, el mantenimiento correctivo demuestra ser un flagelo que a la luz de los resultados es importante tener en cuenta la repercusión de ese 3% que representa 14.4 minutos por turno los cuales equivalen a 43.2 minutos día, lo que representa en el mes una pérdida de 1036.8 minutos que es igual a 17.28 horas mes. En otras palabras se está perdiendo por mantenimiento correctivo dos turnos una hora y 28 minutos en el mes, ósea 207.36 horas al año que equivalen a 8.64 días en el año.

Si todo lo anterior lo convertimos en pesos que es lo que real mente importa en una empresa, quedaría de la siguiente manera: \$ 23000\*6 operarios en los tres turnos es igual a \$ 138000/día \*9 días perdidos en el año = \$1242000. Si a esto le sumamos los 60m cuadrados promedio que se granallan por turno a \$ 15800\*60=948000\*9= \$8532000+1242000 de mano de obra = \$9774000.

Por otra parte la hoja de análisis y el diagrama causa efecto no difiere mucho de los resultados de la tabla 6 de mantenimiento correctivo, dado que se presentan dos variables muy importantes que sobresalen en el diagrama causa efecto como es la maquinaria por movimientos externos de materiales y los paros por mantenimiento correctivo. Los cuadros de factores internos y externos también nos evidencian falta de capacitación en mantenimiento autónomo por parte de los operarios de la KG.

Es concluyente que la investigación nos lleva directamente a hacer énfasis en la capacitación de sus operarios en mantenimiento autónomo y así poder eliminar correctivos innecesarios, pasando así a ser una compañía que se enfoca en el futuro con mantenimientos preventivos y predictivos mejorando su eficacia y productividad. Adicional a esto es importante poder coordinar adecuadamente los movimientos externos de los materiales ya que estos inciden representativamente en los tiempos muertos de la KG, como lo demuestra la tabla 9 de factores internos y externos.

## 7. CONCLUSIONES

Un documento es un testimonio material de un hecho o acto realizado en el ejercicio de sus funciones por instituciones o personas físicas, jurídicas, públicas o privadas, registrado en una unidad de información en cualquier tipo de soporte (papel, cintas, discos magnéticos, fotografías, etc.) en lengua natural o convencional. Es el testimonio de una actividad humana fijada en un soporte, dando lugar a una fuente archivística, arqueológica, audiovisual, etc.

Con base a los análisis anteriores, se hace necesario redactar y elaborar un documento maestro, que tiene como fin dirigir a las personas de *INDUSTRIAS CENO S.A.*, tanto de la parte administrativa como operativa y que con un conocimiento global de los antecedentes descritos anteriormente, se pueda reducir satisfactoriamente los tiempos muertos de la cabina de granallado.

A continuación se muestra de forma muy específica los pasos a seguir para llevar a cabo el desarrollo técnico de las propuestas generadas en el presente proyecto, teniendo como herramienta principal el pilar Mejoras Enfocadas (M.E), del TPM y los instrumentos necesarios para llevar el control de las actividades cotidianas de la cabina de granallado.

### 7.1 HERRAMIENTAS DE GESTIÓN

Conforme a los resultados obtenidos anteriormente, es evidente que en el área de granallado existe una falencia en la aplicación de herramientas estratégicas, por lo cual se propone implementar el pilar de Mejoras Enfocadas (M.E.) del TPM. La misión de este pilar es “reducir el costo del proceso productivo erradicando perdidas relacionadas a las actividades que no generan valor agregado y maximizando la efectividad de los equipos” ya que este busca detectar los problemas desde la raíz, definir metas y detectar acertadamente perdidas.

Antes de implementar M.E., en la sección de pinturas de *INDUSTRIAS CENO S.A* ha de impartirse una preparación preliminar a los empleados, por lo tanto debe:

- Dar a conocer a la planta (todo el personal) el proyecto a ejecutarse
- Conformar equipo de mejora
- Dar capacitación sobre metodología y diligenciamiento de formatos
- Revisión inicial de indicadores
- Establecer objetivos
- Diseñar cronograma

**7.1.1 Pasos para la implementación del pilar M.E.** Los pasos a seguir son los siguientes:

**7.1.1.1 Paso 1. Identificar 2 de las 16 grandes pérdidas de la industria.** Las empresas requieren conocer cuales son los aspectos de los que deben cuidarse para poder crecer y ser competitivas, por esto *INDUSTRIAS CENO S.A.* tiene, en primer lugar definir cuáles son las pérdidas más grandes dentro de ella.

Para encontrar las causas de estas pérdidas, el pilar de M.E. contiene los siguientes pasos:

- Definir el problema
- Desarrollar diagrama de Ishikawa
- Desarrollar análisis porque-porque
- Crear plan de acción
- Hacer seguimiento a los resultados

**7.1.1.2 Paso 2.** Para la documentación y presentación de propuesta de mejora al problema hallado se utilizaran los siguientes formatos:

En la fase 1, se debe diligenciar el formato “Definición del problema” donde se aclara el tipo de corrección que se quiere aplicar y se diligencia así:

- Se selecciona el tipo de acción que implica la mejora, bien sea correctiva, preventiva o de mejora).
- Se pone un nombre o tema a la mejora, de acuerdo al objetivo.
- Se diligencian los datos del equipo de trabajo y la fecha en que se inicia el planteamiento de la mejora, además se ponen los nombres de los integrantes del equipo que están participando en la mejora, es de aclararse que no deben ponerse los nombres de todos los que hacen parte de este, si no solamente los que están aportando al desarrollo de la mejora enfocada. En *INDUSTRIAS CENO S.A.* inicialmente habrá solo un equipo, el cual será la guía de los próximos equipos de la empresa.
- Se debe dar una breve explicación de cuál es la idea de mejora, debe ser muy clara y concreta.
- Poner una foto o dibujo del sistema o parte de la que se habla.

Si la propuesta es evaluada y aceptada por el jefe del área donde se desarrolle la idea, por ejemplo la cabina de granallado, este la debe firmar en la parte de atrás dando constancia, luego pasa a ser vista y evaluada por la Gerencia de *INDUSTRIAS CENO S.A.* quien da la aprobación final.

En muchas ocasiones, será necesario pasar un informe del beneficio que dará esa mejora a la empresa, bien sea a corto o largo plazo.

Formato 1. Definición de objetivos.



**MEJORA ENFOCADA**

GI-for-00 xxxx

Acción Correctiva     Acción Preventiva     Acción de Mejora

**FASE 1 Definición del problema**

TEMA	
Nombre del equipo	
Líder de Equipo	
Fecha de Inicio	
Fecha Finalización	

No	NOMBRE INTEGRANTE	FIRMA
1		
2		
3		
4		
5		

DESCRIPCION MEJORA ENFOCADA	
<b>OBSERVACIONES:</b>	FOTO

**Fuente: Equipo de investigación.**



**7.1.1.3 Paso 3.** Luego de plasmar la idea se procede a realizar el diagrama de Ishikawa, donde se mencionan los factores que intervienen en el proceso que se quiere mejorar.

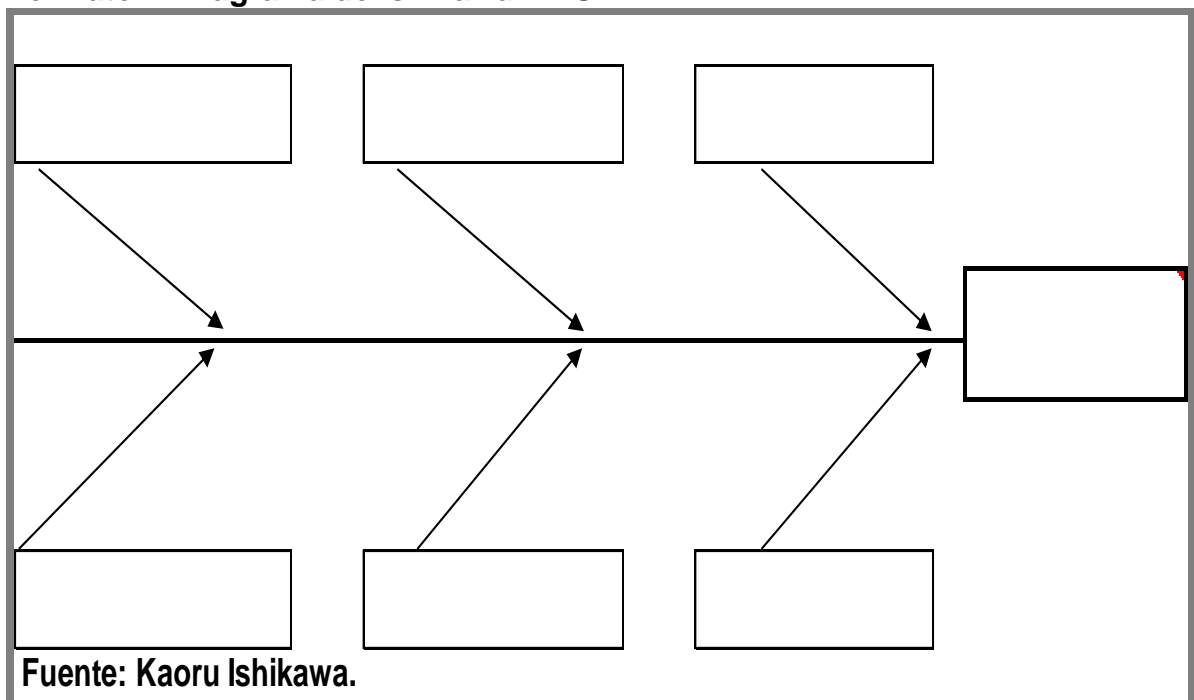
Para la ejecución del diagrama se debe:

Indicar en la cabeza del pescado el problema.

Indicar los factores que intervienen en el proceso a analizar, que pueden ser Maquinaria, Mano de obra, Método, Material, Medición y Materia prima.

Desglosar de cada uno de los factores las posibles causas del problema.

### Formato 2. Diagrama de Ishikawa. FASE 2



Al finalizar se hace una observación y se define cuales son los factores que están generando más pérdidas en *INDUSTRIAS CENO S.A.*

**7.1.1.4 Paso 4.** Cuando se han identificado los factores que presentan inconvenientes, se procede a desarrollar el formato de "Análisis 5 porque – porque" donde el primer porque debe ser respondido por el segundo y así sucesivamente hasta llegar a la causa raíz del problema, luego se sugiere una acción que pueda corregir el problema. Para dar una secuencia a los porque, se unen uno al otro con una flecha, así será sencillo identificar donde inicia y donde termina cada factor.



**7.1.1.5 Paso 5.** Para asegurar el cumplimiento de la propuesta de mejora se debe desarrollar el formato “Plan de Acción” donde se escriben todas las actividades o acciones que se han planteado en el formato anterior, quién es el responsable de ejecutarlas y en qué fecha se espera ejecutarlas.

**Formato 4. Plan de acción.**

	<b>FASE 3 PLAN DE ACCION</b>	GI-for-00 xxxxx
--	------------------------------	-----------------

Nombre del equipo		Area
Líder de Equipo		Tema
Fecha de Inicio		Integrantes del equipo
Fecha Finalización		

ACTIVIDAD QUE SE VA A REALIZAR	QUIEN	CUANDO (mes)-(semana)											

<input type="checkbox"/> <b>Acción implementada</b>	<input type="checkbox"/> <b>Acción pendiente</b>
---	--

**Fuente: Equipo de investigación.**

**7.1.1.6 Paso 6.** Para finalizar se diligencia el formato “Valoración de Impacto” donde se delega a una persona del equipo hacer seguimiento a las actividades propuestas y calificar su nivel de avance, de acuerdo al cronograma y al terminar todas las acciones pendientes se hace un análisis de los indicadores atacados al iniciar y al culminar los pasos requeridos y se da una valoración a la mejora.



La dirección de *INDUSTRIAS CENO S.A.* tiene la obligación de participar en la preparación, evaluación y ejecución de las ideas propuestas, con el fin de generar compromiso y motivación a los empleados en esta metodología.

## **7.2 LISTAS SISTEMÁTICAS DE INSPECCIÓN**

Como herramienta para facilitar el sistema de inspección, se plantea el formato 6, donde se realizan actividades metódicas con el fin de gestionar un área limpia, segura y eficiente.

A partir de este es posible realizar actividades de inspección y control de las actividades y los tiempos de operación de los operarios de la cabina de granallado en la empresa *INDUSTRIAS CENOS.A.*

Para diligenciar el formato inicialmente se debe:


- **IMAGEN:** Ubicar una imagen o foto del elemento o pieza a la que se refiere.
- **ELEMENTO:** Especificar el nombre del elemento, herramienta o parte.
- **PIEZA:** Nombre del fragmento o parte a la que pertenece la imagen.
- **ACTIVIDAD A REALIZAR:** Especificar qué actividad debe realizarse para cumplir con la limpieza y mantenimiento.
- **EJECUCIÓN ACTIVIDAD:** Se plantea la forma correcta de realizar el mantenimiento o limpieza de ese elemento.
- **ELEMENTOS:** Cada actividad debe realizarse con los elementos de aseo o de trabajo adecuados, como lo son trapos, lubricantes, escobas o herramientas.
- ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL (EPP):** Describir como debe protegerse el trabajador para evitar accidentes.
- **ESTADO NORMAL:** Detallar cuales son las condiciones normales de la pieza, bien puede ser por ejemplo manguera sin goteo, ventilador sin sonidos extraños, entre otras.
- **PUNTOS CRITICOS:** Las áreas, maquinas o herramientas son instrumentos en los cuales hay que tener precaución, así que es primordial indicar cuales son los lugares donde puede haber problemas durante la ejecución de la actividad y así se evitaran inconvenientes.
- **FRECUENCIA:** Esta se determina de acuerdo a las necesidades existentes en el área.
- **TIEMPO ESTANDAR:** De acuerdo a una observación y un estudio se determina el tiempo que demora en ejecutarse cada una de las actividades y así será más sencillo controlar el tiempo productivo del trabajador.

Con una ejecución disciplinada de la limpieza y una debida inspección por parte de las directivas, se obtendrán beneficios como:

- Menor riesgo de accidentalidad
- Disminución de fallas
- Aumento de confortabilidad del empleado
- Aumento de la eficiencia del equipo, entre otra.



**Formato 6. Estándar de limpieza.**

 <b>ESTANDAR DE MANTENIMIENTO AUTONOMO CABINA DE GRANALLADO</b>								GI-for-00 xxxxxx			
<b>Nombre del equipo</b>						<b>Fecha de construccion</b>					
<b>Líder de Equipo</b>						<b>Area</b>					
<b>Integrantes</b>											
<p><b>Nota importante:</b> se asume que los elementos de protección personal cotidianos se usan en todo momento, como: botas, tapones auditivos, uniforme del día correspondiente, reddecilla o gorro y/o delantal</p>											
No.	IMAGEN	ELEMENTO	PIEZA	ACTIVIDAD A REALIZAR	EJECUCION ACTIVIDAD	ELEMENTOS	EPP	ESTADO NORMAL DE LA PIEZA	PUNTOS CRITICOS	FRECUENCIA	TIEMPO ESTANDAR
Fuente: Equipo de investigación.											

### 7.3 LISTAS DE CHEQUEO

Las listas de chequeo, son un documento que facilita hacer una revisión e identificar los puntos que se cumplen y los que quedan pendientes. Para este caso consiste en crear un formato donde se evidencie la frecuencia de la limpieza y el mantenimiento y cerciorarse del acatamiento y cumplimiento del estándar de limpieza desarrollado en el área, se delegará la responsabilidad a uno de los miembros del equipo de hacer revisión a la debida ejecución de las actividades de limpieza y mantenimiento programadas en el formato “Rutina de limpieza” además las directivas de *INDUSTRIAS CENO S.A.*, deben realizar auditorías de inspección para evaluar al equipo.

La inspección se hace a partir de un acuerdo entre los directivos de la empresa y los encargados del área, puede ser mensual o trimestralmente, todo depende de la decisión que se tome.

Si se nota que el cumplimiento de las actividades tiene calificaciones bajas, se deben tomar medidas: Una reunión a todo el equipo para discutir las causas de estas y hacer que se comprometan con el mejoramiento de los resultados.




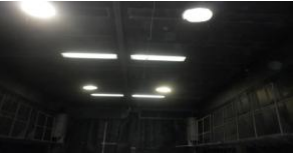


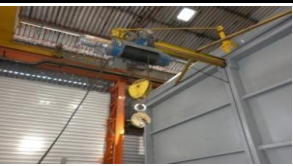

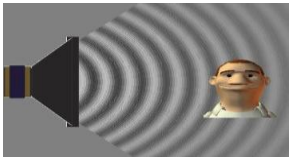
La rutina de limpieza se diligencia así:

- ELEMENTO: Ubicar una imagen o foto del elemento o pieza a la que se refiere.
- PIEZA: Nombre del fragmento o parte a la que pertenece la imagen.
- ACTIVIDAD A REALIZAR: especificar que actividad debe realizarse para cumplir con la limpieza y mantenimiento.
- ESTADO: Donde se aclara si el equipo se puede intervenir encendido o apagado.
- FRECUENCIA: Esta se determina de acuerdo a las necesidades existentes en el área.
- NÚMEROS: Son los días de un mes para detallar el día exacto en que debe hacerse la labor de limpieza y mantenimiento.







Todos los datos anteriores, son copiados del estándar de limpieza y al final del formato se debe calcular el porcentaje de cumplimiento diario en las actividades programadas.

Para facilitar los procedimientos de inspección del mantenimiento autónomo y limpieza a las personas del área administrativa, se desarrolla un formato de listado de chequeo dinámico y claro, para hacer más fácil el desarrollo de las auditorías e inspecciones, el formato consta de la imagen del elemento, nombre del elemento, estado normal en que se debe encontrar el elemento, espacio para marcar el chequeo, espacio para indicar la fecha en que se realizó el chequeo y espacio para las observaciones, para que sea mas fácil recordar los pendientes que quedan en cada visita y así revisar las correcciones o cumplimientos de estas.





### Formato 8. Lista de chequeo

 <b>INSPECCION CABINA DE GRANALLADO</b>		Gi-for 00 xxxxxx			
Nombre del equipo			Responsables de auditoria		
Líder de Equipo					
Area					
UBICACIÓN FOTOGRAFICA	ELEMENTOS INTERVENIDOS	ESTADO	CHEQUEO	FECHAS DE INSPECCION	OBSERVACIONES
	ALUMBRADO INTERNO	LAMPARAS:que no halla ninguna lampara con defectos de alumbrado			
	VIBRADORES	RUIDO EXTRAÑO:que no presente ruido extraño en su funcionamiento.			
	ELEMENTOS DE AMARRE	DISPOSITIVOS: que no presenten defectos en el agarre.			
	DIFERENCIAL	CABLE CONTROL DE MANDO: que no presente fisuras o zonas desnudas.			
		MANDO DE CONTROL:que todos los botones esten funcionado bien.Que durante los movimientos de izaje y movimiento de carga no tenga problemas con el freno y evitar dearrames de carga.			
		RUIDO EXTRAÑO:que durante su desplazamiento no tenga ruidos anormales.			

**Formato 8. Continuación.**

	<p>MANGUERA DE GRANALLADO</p>	<p>DESGASTE:que esta no prente fugas de granalla por fisuras en su friccion</p>			
	<p>MANGUERAS PILOTO DE AIRE</p>	<p>FUGAS:que estan esten en buen estado sin fugas de aire en sus acoples</p>			
	<p>GATILLO CONTROL REMOTO</p>	<p>AJUSTE:el gatillo debe estar ajustado y asegurado para su funcionamiento,y evitar fugas de aire</p>			
	<p>BOQUILLA</p>	<p>que esta no presente craquelamiento o fisuras en su interior</p>			
	<p>SISTEMA DE AIRE</p>	<p>VALVULA DE SALIDA:que se le realice lavado,secado y limpieza al filtro en cada cambio de turno</p>			
		<p>MANOMETRO:reviar manometro que este a la presion deseada</p>			

**Formato 8. Continuación.**

	<p>CUARTO CONTROL DESCARGA</p>	<p>que se inspeccione que no halla obstruccion por basura u otros</p>			
	<p>ALARMA DE SEGURIDAD</p>	<p>Esta debe estar en buenas condiciones de operaci3n para cualquier emergencia</p>			
	<p>CICLONES</p>	<p>BANDAS:se revisan las correas del motor y sonidos anormales</p>			
		<p>DESCARGA:se revisan los depositos que no esten llenos y se proceden a evacuar</p>			
<p>Fuente: Equipo de investigaci3n con datos <i>INDUSTRIAS CENO S.A</i></p>					

A partir del formato “listado de chequeo”, será muy sencillo para el auditor o auditores reconocer cuando se esta fallando en las actividades establecidas para el buen funcionamiento de la maquina, evitando averías o paros por mantenimientos correctivos y la prevención de accidentes o incidentes y poder tomar medidas al respecto.

#### **7.4 GENERACIÓN DE PROPUESTAS AMBIENTALES**

Las empresas metalmecánicas como *INDUSTRIAS CENO S.A.* son potentes generadoras de fluidos líquidos cargados de metales pesados, que se esparcen por el aire generando contaminación y poniendo en riesgo la salud de las personas. En los últimos años se han desarrollado diferentes técnicas para lograr la mitigación o prevención de estos factores y tener un desarrollo sostenible.

El desarrollo sostenible puede lograrse sí las industrias adoptan métodos de producción que generen menos residuos y emisiones contaminantes.

Para determinar cuáles son los impactos ambientales, que se generan en el proceso de granallado de la empresa *INDUSTRIAS CENO S.A.* es necesario un análisis de las actividades realizadas para obtener el producto final.

Se hace un estudio detallado y profundo de las operaciones y actividades que se desarrollan en el área de pintura líquida, dónde está ubicada la cabina de granallado, dónde son identificados los aspectos ambientales, los impactos y el factor ambiental contaminado, luego se da una calificación, de acuerdo a la matriz utilizada por el departamento ambiental de la empresa *INDUSTRIAS CENO S.A.*, se obtiene lo siguiente:



**Tabla 12. Análisis de impactos ambientales en INDUSTRIAS CENO S.A.**

Proceso	Unidad funcional	aspecto ambiental	impacto ambiental	tipo de impacto	factor	CARACTERISTICAS										Total	Valoración			
						Frecuencia					Peligrosidad			Severidad				Reversibilidad		
						A	M	S	D	C				AL	ME			BA	R	I
						1	2	3	4	5	1	2	3	3	2			1	1	2
Granallado	Pintura líquida	Emisión material particulado	Contaminación aire	Negativo	Aire	4					2			2			2		288	<b>ALTO</b>
Granallado	Pintura líquida	Generación ruido	Contaminación aire	Negativo	Aire	4					2			3			1		288	<b>ALTO</b>
Granallado	Pintura líquida	Consumo energía eléctrica	Contaminación agua	Negativo	Agua	4					1			2			2		96	<b>MEDIO</b>
Granallado	Pintura líquida	Disposición residuos reciclables	Disposición residuos reciclables	Positivo	Suelo	4					1			2			2		96	<b>MEDIO</b>

Fuente: Equipo de investigación con datos *INDUSTRIAS CENO S.A*

Los criterios que se utilizan para clasificar los impactos son:

- Proceso: Actividades del área.
- Unidad funcional: Lugar o área donde se hace el estudio.
- Aspecto ambiental: Productos que interactúan con el medio ambiente.
- Impacto ambiental: Efecto producido por la actividad humana.
- Tipo de impacto: Definición de positivo o negativo de acuerdo a la acción.
- Factor: Medio afectado.
- Frecuencia: Se califica así:
  - 1= una vez al año (A)
  - 2= una o dos veces al año (M)
  - 3= una vez a la semana (S)
  - 4= una o mas veces al día (D)
  - 5= continuo (C)
- Peligrosidad: Se determina así:
  - 1=casi continuo
  - 2=medianamente agresivo
  - 3=altamente tóxico, radiactivo, inflamable, corrosivo, explosivo, sustancias perjudiciales para la atmósfera.
- Severidad: Se clasifica así:
  - 3= alta (AL)
  - 2= media (ME)
  - 1= baja (BA)
- Reversibilidad: Se denomina así:
  - 1= reversible (R)
  - 2= irreversible (I)
- Valoración: La valoración de los impactos se determina de acuerdo al siguiente criterio:

**Tabla 13. Criterios para valoración.**

<b>BAJO</b>	<b>&lt; O =</b>	<b>91</b>		
<b>MEDIO</b>	<b>ENTRE</b>	<b>92</b>	<b>-</b>	<b>183</b>
<b>ALTO</b>	<b>&gt; O =</b>	<b>184</b>		
<b>Fuente: INDUSTRIAS CENO S.A.</b>				

Después de estudiar los resultados obtenidos, se proponen técnicas para la reducción de las emisiones e impactos ambientales, como:

**Tabla 14. Propuestas para la reducción de impactos.**

<b>Controles Operacionales</b>			
<b>Persona</b>	<b>Procedimientos / Instructivos</b>	<b>Máquina, sistemas, materiales</b>	<b>Seguimiento / Medición</b>
Capacitaciones	Producción Más Limpia (PML)	Sistemas de control de la contaminación atmosférica	Estudio de emisiones atmosféricas
Capacitaciones sobre los EPP y control médico de la audición	Sistema de Vigilancia Epidemiológica Ruido - SVE Ruido	Mantenimiento y encerramiento a la máquina. Implementación de EPP adecuados. Mejoramiento a la acústica de las instalaciones	Mediciones de ruido y vibraciones
Capacitaciones	Programa de ahorro y uso eficiente de la energía	Mantenimiento preventivo y correctivo	Indicador de consumo de energía
Capacitaciones	Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos (PMIRS)	Puntos Ecológicos	Indicador de residuos sólidos, control de entrega de residuos sólidos
<b>Fuente: Equipo de investigación con datos de INDUSTRIAS CENO S.A</b>			

En Colombia existen normas que regulan y controlan la calidad del aire emitido por fuentes fijas de la industria, entre ellas están:

El decreto 948 de 1995: Establecen las normas y principios generales para la protección atmosférica, los mecanismos de prevención, control y atención de episodios por contaminación del aire, generada por fuentes contaminantes fijas y móviles.

Resolución 1908 de 2006: Fijan los niveles permisibles de emisión de contaminantes producidos por las fuentes fijas de las áreas-fuente de contaminación alta Clase I; se adoptan medidas tendientes a prohibir el uso de aceites usados como combustibles en el Distrito Capital y se dictan otras determinaciones.

Resolución 909 de 2008: Sobre fuentes fijas que reglamenta los niveles de emisión de contaminantes que deberá cumplir toda la industria en el país. Modificada por la resolución 1309 de 2010.

Resolución 760 de 2010: Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas (Res 2153 de 2010, Res 0591 de 2012).

Resolución 1807 de 2012: Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas.

El Ministerio de Ambiente, da a conocer que las cantidades de emisión de material particulado de las fuentes fijas es de menos o igual a 0,5 kilogramos por hora, los estándares admisibles de contaminantes es de 250 mg/m<sup>3</sup> para las actividades industriales existentes y de 150 mg/m<sup>3</sup> para actividades industriales nuevas.

Por lo anterior se proponen estrategias, para lograr el cumplimiento de la Legislación Ambiental que rige a Colombia.

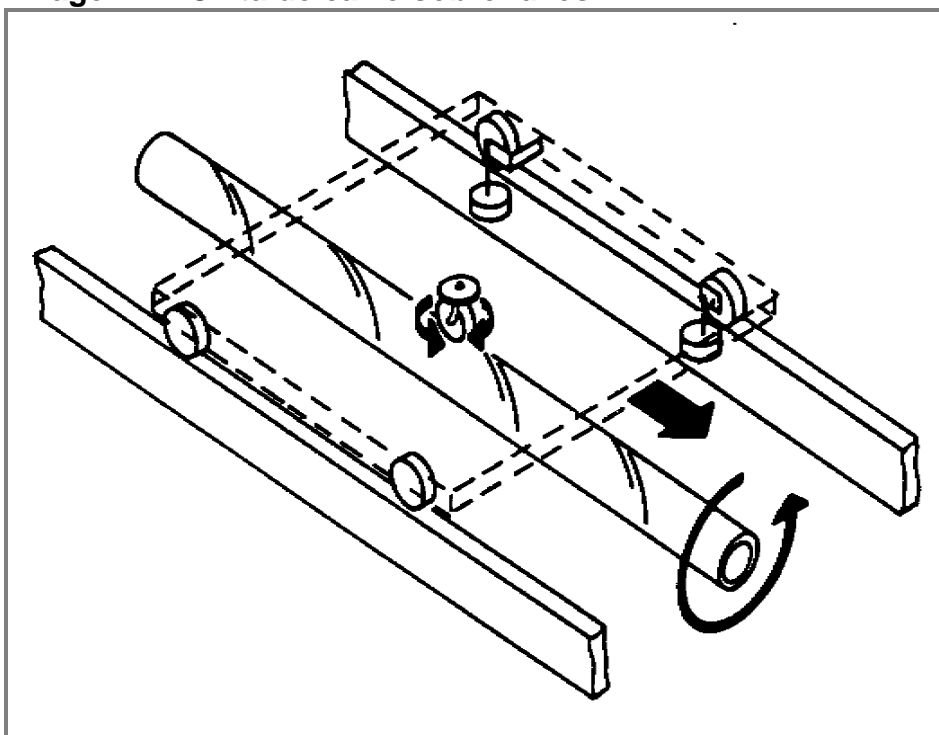
➤ Establecer política ambiental, que establezca claramente los compromisos que asume la empresa en materia medioambiental. Esta política debe ser escrita en un documento, publicada y difundida de manera tal que cada miembro de la empresa la conozca, aplique y respete.

➤ Diseñar un Plan de Gestión Ambiental: El plan de Gestión ambiental se realiza con el objetivo de mejorar los procesos productivos, reduciendo el impacto al medio ambiente. En este plan se incorporan objetivos en cada área en que la empresa impacta al medio ambiente, actividades y plazos de ejecución de ellas, un sistema de medición de avance y cumplimiento de la gestión a través de indicadores.

## 8. RECOMENDACIONES

- Es vital tener en cuenta, que las pautas que se proponen en el presente proyecto, sean implementadas en el proceso anterior al de la limpieza con granalla, debido a que se hace necesario mejorar la eficiencia de cada uno de los procesos, para evitar la generación de cuellos de botella.
- A través del análisis interno y externo que se le hizo al proceso de granallado, teniendo en cuenta uno de los factores externos presentados anteriormente cómo lo es la demora en movimiento de materiales, es posible diseñar e implementar un sistema de arrastre mecánico, (Imagen 22) instalado en los carros donde se ubica el material, que se tiene en turno para ingresar a la cabina, con este sistema se puede lograr un ahorro significativo de tiempo, y esfuerzo humano que deben realizar los operarios al momento de ingresar el material a la cabina.

**Imagen 22. Cinta de carro sobre raíles**



Fuente:( <http://www.esi2.us.es/~fabio/cintas.pdf>)

Como se muestra en la Imagen 22, Estos sistemas emplean carros individuales montados en una pista de dos raíles y en una estructura que sitúa la cinta unos decímetros sobre el suelo. , avanzan mediante un tubo rotatorio entre los dos raíles. Debido a ello también se llaman cintas de tubo rotatorio (spinning tube).

Una rueda motriz, en la parte inferior del carro y formando un ángulo con el tubo, se apoya en él y convierte el giro del tubo en avance del carro. Como se muestra en la (Imagen 23) estos son los carros automáticos que se recomiendan.

**Imagen 23. Cintas por cable enterrado**



Fuente:( <http://www.esi2.us.es/~fabio/cintas.pdf>)

- Considerando un poco la fatiga que puede presentar el operario de la cabina de granallado de *INDUSTRIAS CENO S.A.*, en sus 8 horas de trabajo, es posible considerar la capacitación y entrenamiento de otro operario, para que la labor diaria sea repartida en turnos de 4 horas para cada uno de ellos, y poder lograr más rendimiento en el proceso y menos fatiga en el personal.
- La cabina de granallado es uno de los factores más importantes a atacar, al momento de identificar estrategias para disminuir el impacto ambiental generado por *INDUSTRIAS CENO S.A.*, por lo tanto, se propone la instalación de imanes en la chimenea de la cabina, para que atrapen las partículas de granalla que vuelan por ese ducto, evitando así que se propaguen por el aire.
- Es importante asegurarse de que el óxido de hierro generado por la limpieza con granalla, sea controlado de una manera ecológicamente responsable. Es aconsejable que se ubiquen filtros en diferentes secciones de la chimenea, para lo cual se debe hacer un análisis y determinar el tipo de tela, tamaño y lugares específicos para ubicarlos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cassin, 2012, INSPECCIO-VISUAL-CONCEPTOS-GENERALES.
- Espinosa,2012,USO DE LOS SENTIDOS HERRAMIENTA SIN INSPECCIÓN
- ([http://www.ferrebarniedo.com.mx/downloads/Centro\\_de\\_Servicios.pdf](http://www.ferrebarniedo.com.mx/downloads/Centro_de_Servicios.pdf).) Citado el día Domingo 28 Mayo 2013.
- “Granalla Tecnic S.L citado ([www.metalspain.com/FUNDIDORES-articulo](http://www.metalspain.com/FUNDIDORES-articulo).) el 17/08/2013.
- Gatica Ángeles Rodolfo R (2000) mantenimiento industrial: manual de operación y administración. México. ed. trillas.
- (Martínez, 2010)TPM en un entorno lean management.
- Mora Alberto, (2009) Mantenimiento, planeación, ejecución y control. Bogotá. Ed. Alfaomega.
- NAVARRO ELOLA & PASTOR, 1997. Luis Navarro Elola, Luis Navarro Elola, Ana Clara Pastor Tejedor, Jesús Pastor Tejedor Alta dirección, ISSN 0002-6549, Año nº 44, N° 259-260, 2008, págs. 21-25.
- Sepúlveda Lozano Carlos Elías Periodista Revista Metal Actual.([http://www.metalactual.com/revista/21/maquinaria\\_granalladora.pdf](http://www.metalactual.com/revista/21/maquinaria_granalladora.pdf)).Citado el día, Miércoles 17 Abril 2013.
- (Palacio, Herramientas de Lean Manufacturing, 2012)
- (Palacio, Total Productive Maintenance T.P.M, 2012)
- Rey Sacristán Francisco, Mantenimiento Total Productivo (TPM): Proceso de Implementación y Desarrollo. Editorial: FUNDACIÓN CONFEMETAL.
- RODRIGUEZ, M. (2006). Analysis of the fall of TPM in companies Original Research.
- SOUZA, J. (2001). La metodología TPM como soporte. santa Catarina
- ([www.tiposde.org/general/127-tipos-de-mantenimiento](http://www.tiposde.org/general/127-tipos-de-mantenimiento)). Citado el día Lunes 20 Mayo 2013.