



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**PROPUESTA PARA LA ESTANDARIZACIÓN EN PREPARACIÓN
Y EJECUCIÓN EN EL PROCESO DE CAMBIO DE CABEZALES
EN MÁQUINAS EXTRUSORAS PARA TUBERÍAS DE PVC**

Sergio Augusto López Godínez

Asesorado por el Ing. Alejandro Estrada Martínez

Guatemala, julio de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA PARA LA ESTANDARIZACIÓN EN PREPARACIÓN Y
EJECUCIÓN EN EL PROCESO DE CAMBIO DE CABEZALES EN
MÁQUINAS EXTRUSORAS PARA TUBERÍAS DE PVC**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

SERGIO AUGUSTO LÓPEZ GODÍNEZ

ASESORADO POR EL ING. ALEJANDRO ESTRADA MARTÍNEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JULIO DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jimenéz
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

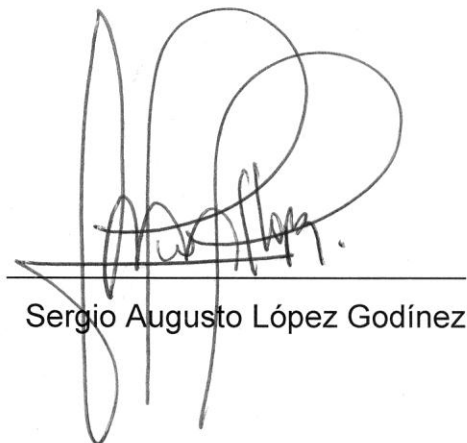
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Luis Alfredo Asturias Zúñiga
EXAMINADOR	Ing. Javier Mauricio Reyes Paredes
EXAMINADOR	Inga. Miriam Patricia Rubio Contreras de Akú
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PROPUESTA PARA LA ESTANDARIZACIÓN EN PREPARACIÓN Y EJECUCIÓN EN EL PROCESO DE CAMBIO DE CABEZALES EN MÁQUINAS EXTRUSORAS PARA TUBERÍAS DE PVC

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 19 de mayo de 2009.



Sergio Augusto López Godínez

Guatemala 30 Septiembre de 2010

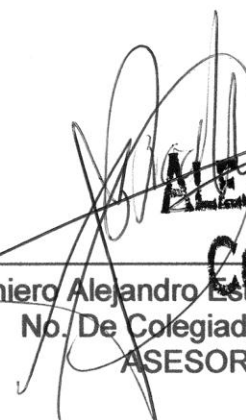
Ingeniero

Cesar Ernesto Urquizu Rodas
Director
Escuela de Mecánica Industrial

Respetable Ingeniero Urquizu:

Por este medio le informo que he revisado el trabajo de graduación titulado **PROPUESTA PARA LA ESTANDARIZACION EN PREPARACION Y EJECUCION EN EL PROCESO DE CAMBIO DE CABEZALES EN MAQUINAS EXTRUSORAS PARA TUBERIAS DE PVC**, elaborado por el estudiante Sergio Augusto López Godínez.

Dicho trabajo llena los requisitos para dar aprobacion, e indicarle que el autor y mi persona somos responsables por el contenido y conclusiones del mismo.


INGENIERO
ALEJANDRO ESTRADA
COLEGIADO 5305
Ingeniero Alejandro Estrada Martínez
No. De Colegiado: 5305
ASESOR

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.REV.EMI.027.011

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA PARA LA ESTANDARIZACIÓN EN PREPARACIÓN Y EJECUCIÓN EN EL PROCESO DE CAMBIO DE CABEZALES EN MÁQUINAS EXTRUSORAS PARA TUBERÍAS DE PVC**, presentado por el estudiante universitario **Sergio Augusto López Godínez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Byron Gerardo Chocooj Barrientos'.



Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, febrero de 2011.

/mgp



REF.DIR.EMI.095.011

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **PROPUESTA PARA LA ESTANDARIZACIÓN EN PREPARACIÓN Y EJECUCIÓN EN EL PROCESO DE CAMBIO DE CABEZALES EN MÁQUINAS EXTRUSORAS PARA TUBERÍAS DE PVC**, presentado por el estudiante universitario **Sergio Augusto López Godínez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, julio de 2011.

/mgp



DTG. 261.2011.

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA PARA LA ESTANDARIZACIÓN EN PREPARACIÓN Y EJECUCIÓN EN EL PROCESO DE CAMBIO DE CABEZALES EN MÁQUINAS EXTRUSORAS PARA TUBERÍAS DE PVC**, presentado por el estudiante universitario **Sergio Augusto López Godínez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, 19 de julio de 2011.

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por haberme cuidado y bendecido durante todos los años de mi formación profesional; muchas gracias por haber puesto en mi camino a tantos amigos y compañeros.
- Mi Madre** Elena Godínez, por darme su apoyo, amor y ejemplo incondicional; por haberme guiado correctamente a lo largo de toda mi vida y finalmente por ser esa mujer ejemplar, ella siempre será mi fuente de inspiración; gracias por ser mi roca de apoyo TQM.
- Mi Padre** Augusto López, por haberme enseñado el significado de trazarse metas en la vida, muchas gracias por guiarme a lo largo de mi vida, a través de esa tenacidad.
- Mis Hermanos** Lady, Iris, Sonia y Wagner, por los consejos, enseñanzas, paciencia y sobre todo el incondicional apoyo, la meta no se hubiera alcanzado de no haber sido por ustedes.
- Mis Sobrinos** Paola, Larysa y Daniel; siendo ustedes la motivación a culminar esta meta trazadas hace varios años, muchas gracias por su cariño.

Mis Amigos

Betsaida, Flor, Erick, Julio, Adolfo, Raymundo, Gabriel y Juan Pablo muchas gracias a todos los JAGERS por todos esos momentos difíciles pero a la vez alegres que pasamos a lo largo de la carrera; ustedes siempre serán mis amigos y compañeros de batalla, junto a ustedes me formé como persona y profesional, ustedes fueron trascendentales en esta carrera.

AGRADECIMIENTO A:

USAC	Por ser la casa de estudios que me formó como profesional durante tantos años.
Amanco	Por permitir realizar el trabajo de graduación, muchas gracias por su ayuda.
Departamento de manufactura	Al Ing. Julián Pellecer, por la ayuda, dedicación y apoyo durante la investigación.
Departamento de taller de molde	Muchas gracias a Juan Carlos Rojas, por la ayuda, tiempo y buena actitud durante los meses que se realizó la investigación.
Ing. Alejandro Estrada	Por su asesoría en la elaboración de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XIII
GLOSARIO.....	XV
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1. Descripción de la empresa.....	1
1.1.1. Organización.....	1
1.1.2. Misión.....	1
1.1.3. Visión.....	2
1.1.4. Política de calidad y ambientales.....	3
1.1.4.1. Aseguramientos de calidad.....	3
1.1.4.1.1. Dimensiones y especificaciones de la tubería....	3
1.1.4.1.2. Apariencia del producto terminado.....	3
1.1.4.1.3. Las tuberías deben contar con la resistencia adecuada de uso.....	4
1.1.4.2. Aseguramientos ambientales.....	4
1.2. Análisis del proceso de fabricación de tuberías de PVC.....	5
1.2.1. Materia prima.....	5

1.2.2.	Formulación.....	6
1.2.3.	Mezclado.....	7
1.2.4.	Proceso de extrusión.....	8
1.3.	Situación actual del departamento de manufactura.....	9
1.3.1.	Análisis FODA (departamento de taller de moldes).....	9
1.3.1.1.	Fortalezas.....	9
1.3.1.2.	Debilidades.....	9
1.3.1.3.	Amenazas.....	10
1.3.1.4.	Oportunidades.....	10
2.	DIAGNÓSTICO, EVALUACIÓN Y ESTUDIO.....	11
2.1.	Estudio del proceso de extrusión.....	11
2.1.1.	Definición de extrusora.....	11
2.1.2.	Partes principales.....	12
2.1.2.1.	Tolva de alimentación y dosificador.....	12
2.1.2.2.	Tornillo o husillo del extrusor.....	12
2.1.2.3.	Barril del extrusor.....	14
2.1.2.4.	Sistema de calentamiento y enfriamiento del extrusor.....	14
2.1.2.5.	Cabezal.....	15
2.1.2.6.	Sistemas de calibración de tubería.....	16
2.1.2.6.1.	Calibración a presión.....	16
2.1.2.6.2.	Calibración por anillo de vacío y tanque de enfriamiento.....	16
2.1.2.7.	Tina de enfriamiento.....	17
2.1.2.8.	Unidad de tiro o jalador.....	17
2.1.2.9.	Unidad de impresión.....	18
2.1.2.10.	Equipo de cortado.....	19
2.1.3.	Funcionamiento de extrusora.....	19

2.2.	Estudio de actividades del departamento de taller de moldes.....	20
2.2.1.	Análisis de frecuencia actividades.....	20
2.2.2.	Evaluación de actividades por parte del personal.....	21
2.2.3.	Trazabilidad de actividades programadas.....	22
2.2.3.1.	Estudio de actividades programadas.....	22
2.2.3.2.	Estudio de actividades hechas.....	24
2.3.	Revisión de procedimientos y formatos necesarios en el departamento de taller de moldes.....	26
2.3.1.	Revisión de procedimientos y formato de actividades programadas por parte de planificación.....	27
2.3.2.	Revisión de procedimientos para cambio de moldes en las líneas de extrusión.....	27
2.3.3.	Revisión de formatos para el control de inventarios en bodega.....	27
2.3.4.	Revisión de formatos de planificación de mantenimiento y actividades realizadas.....	28
2.3.5.	Revisión de <i>kit</i> de accesorios para cabezales en líneas de extrusión.....	28
2.4.	Análisis del cambio mecánico de moldes.....	29
2.4.1.	Partes principales que componen un cabezal.....	30
2.4.1.1.	Olla.....	30
2.4.1.2.	Cono.....	30
2.4.1.3.	Araña.....	30
2.4.1.4.	Pines de calentamiento.....	30
2.4.1.5.	Candela o mandril.....	31
2.4.1.6.	<i>Housing</i>	31
2.4.1.7.	Dado.....	31
2.4.1.8.	Tornillo.....	31

2.4.1.9.	Anillo.....	31
2.4.2.	Estudio mecánico del proceso de cambio de moldes (tiempos y actividades)	32
2.4.3.	Análisis de materiales, equipos y herramientas utilizadas en cambio de moldes.....	32
2.4.4.	Logística de proceso de cambio de moldes.....	34
2.5.	Revisión de accesorios y repuestos necesarios en programa de mantenimiento.....	37
2.5.1.	Revisión de repuestos necesario en los moldes.....	37
2.5.2.	Contabilización de accesorios necesarios en bodega de taller de moldes.....	38
2.6.	Evaluación de pérdida de materiales e indicadores.....	41
2.6.1.	Revisión indicadores de eficiencias.....	41
2.6.2.	Indicadores de <i>scrap</i>	42
2.6.2.1.	Contabilización de <i>scrap</i> generado en las líneas de extrusión mensual.....	42
2.6.2.2.	Revisión de porcentajes de <i>scrap</i> generado.....	42
2.6.2.3.	Verificación de factores y porcentajes permisibles de <i>scrap</i>	43
2.6.3.	Indicadores de sobrepeso	44
2.6.3.1.	Contabilización de sobrepeso generado en las líneas de extrusión mensual.....	45
2.6.4.	Indicadores de paros.....	47
2.6.5.	Indicadores de rendimientos.....	48
2.6.6.	Accidentalidades.....	48
2.6.7.	Sistemas de gestión.....	49

3.	PROPUESTA, MODELO A IMPLANTAR.....	51
3.1.	Estudio de mantenimiento preventivo.....	51
3.1.1.	Determinación de fallas principales en las piezas.....	51
3.1.2.	Causas de fallas principales en las piezas.....	52
3.1.3.	Determinación de cantidad de horas de trabajo de moldes.....	52
3.1.4.	Determinación de horas trabajadas por el molde en el momento de la falla registrada.....	54
3.1.5.	Mantenimiento de fallas principales en las piezas.....	55
3.2.	Determinación de medidas de seguridad industriales y ocupacionales necesarios en el proceso.....	56
3.2.1.	Verificación de normas de seguridad.....	57
3.2.1.1.	Equipo de seguridad necesario previo a ejecución de procesos.....	57
3.2.1.2.	Condiciones y trabajos inseguros.....	58
3.2.2.	Determinación de medidas de seguridad necesarios en el proceso.....	59
4.	IMPLANTACIÓN, MODIFICACIÓN.....	61
4.1.	Estandarización en procesos en el departamento de moldes.....	61
4.1.1.	Creación de formatos para la estandarización de procedimiento detallado en cambio de cabezales.....	61
4.1.1.1.	Pre calentamiento de moldes.....	62
4.1.1.2.	Cambio de moldes pequeños.....	63
4.1.1.3.	Cambio de moldes grandes.....	64
4.1.1.4.	Traslado de moldes.....	66
4.1.1.5.	Limpieza de moldes.....	68

4.2.	Creación de formatos para planificación, coordinación y ejecución de actividades.....	69
4.2.1.	Programa de planificación de producción.....	69
4.2.2.	Asignación de actividades al departamento de taller de moldes.....	70
4.2.3.	Reporte diario de producción (eficiencias e indicadores).....	73
4.2.4.	Reporte diario de actividades realizadas (departamento de taller de moldes).....	74
4.3.	Actualización del programa para el mantenimiento preventivo en herramental de los cabezales con base en los análisis de tendencias.....	76
4.4.	Creación de indicadores de eficiencias.....	78
4.4.1.	Porcentajes de <i>scrap</i> permisible.....	79
4.4.2.	Porcentajes de sobrepeso permisible.....	80
4.4.3.	Tiempos de paro permisibles.....	81
4.4.4.	Eficiencias del personal.....	82
4.4.5.	Resumen de indicadores.....	84
5.	SEGUIMIENTO, MEJORA CONTINUA.....	85
5.1.	Creación de procedimientos para investigación de accesorios nuevos.....	85
5.1.1.	Formato para presentar piezas modificadas.....	85
5.2.	Criterios a tomar en cuenta para auditorías internas.....	85
5.2.1.	Validación de procesos.....	87
5.2.1.1.	Tiempos permisibles.....	87
5.2.1.2.	Manejo de cambio de cabezales.....	88
5.2.1.3.	Porcentajes de <i>scrap</i> permisible.....	88

5.2.1.4.	Porcentajes de sobrepeso permisible.....	89
5.2.1.5.	Validación de porcentajes de cumplimiento de tareas.....	89
5.2.1.6.	Porcentajes de eficiencias por parte de trabajadores.....	89
5.2.2.	Tareas a mejorar.....	89
5.3.	Validación y seguimiento a normas de seguridad.....	90
5.3.1.	Análisis de riesgos.....	90
5.3.1.1.	Riesgo detectado.....	90
5.3.1.2.	Investigación de origen de incidentes registrados y seguimientos con equipos de investigación.....	91
5.3.2.	Actualización de normas de seguridad.....	94
CONCLUSIONES.....		95
RECOMENDACIONES.....		97
BIBLIOGRAFÍA.....		99

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama del departamento de manufactura.....	2
2.	Compuestos del policloruro de vinilo.....	6
3.	Extrusora de tuberías de PVC.....	8
4.	Instalación y partes principales de extrusora de PVC.....	12
5.	Tolva y dosificador.....	13
6.	Tornillo de extrusor.....	13
7.	Barril del extrusor.....	14
8.	Cabezal del extrusor.....	15
9.	Calibrador de extrusora (presión).....	16
10.	Calibrador de extrusora (vacío).....	17
11.	Tina de enfriamiento.....	18
12.	Unidad de tiro o jalador.....	18
13.	Equipo de cortado.....	19
14.	Logística de proceso de cambio de moldes.....	35
15.	Gráfica de porcentaje de participación de las principales causas de <i>scrap</i>	44
16.	Gráficas de control, indicador de sobrepeso.....	46
17.	Gráfica de paros en producción.....	48
18.	Instructivo para el precalentamiento de molde.....	62
19.	Instructivo de cambio de moldes pequeños.....	63
20.	Instructivo de cambio de moldes grandes.....	65
21.	Instructivo de traslado de moldes.....	67

22.	Instructivo de limpieza de moldes.....	68
23.	Programa de planificación de producción.....	71
24.	Asignación de actividades al personal de taller de moldes.....	72
25.	Reporte diario de producción.....	74
26.	Reporte diario de actividades realizadas.....	75
27.	Programa anual de mantenimiento preventivo.....	77
28.	Porcentaje de <i>scrap</i> a mitigar.....	79
29.	Medición de eficiencias a persona.....	82
30.	Gráfica de cumplimientos de eficiencias.....	83
31.	Tabla de resumen de indicadores mensuales.....	84
32.	Formato de modificación y sustitución de piezas.....	86
33.	Formato de riesgos detectados.....	91
34.	Investigación de incidentes y casi incidentes.....	92
35.	Análisis del equipo de investigación.....	93

TABLAS

I.	Análisis FODA en actividades del departamento de taller de moldes.....	10
II.	Frecuencia de actividades.....	20
III.	Actividades principales del departamento de taller de molde.....	21
IV.	Información necesaria en planificación de producción.....	23
V.	Información básica en mantenimiento preventivo.....	23
VI.	Información necesaria en reporte de actividades realizadas por taller de moldes.....	24
VII.	Información necesaria en reporte de producción.....	25
VIII.	Información a incluir en mantenimiento preventivo.....	26

IX.	Procedimientos y fichas de control para ejecución de tareas de taller de moldes.....	28
X.	Tipos de moldes.....	32
XI.	Estudio de tiempos y actividades en proceso de cambio de moldes.....	33
XII.	Herramientas y equipos utilizados en cambio de moldes.....	34
XIII.	Código de molde según su tamaño y tipo de producción.....	37
XIV.	Cantidad necesaria de accesorios en moldes por tipo de cabezal....	38
XV.	<i>Stock</i> de accesorios necesarios por tipo de cabezal.....	38
XVI.	Accesorios y herramientas necesarias en bodega de taller de moldes.....	39
XVII.	Accesorios y herramientas de seguridad a utilizar.....	41
XVIII.	Principales causa de <i>scrap</i> generado.....	43
XIX.	Porcentajes de sobrepeso generado durante un mes de producción.....	45
XX.	Ejemplo de control de sobrepeso.....	46
XXI.	Causas principales de paros.....	47
XXII.	Fallas principales en las piezas de cabezales.....	52
XXIII.	Causas de las principales fallas en piezas.....	53
XXIV.	Cantidad de horas molde trabajadas.....	54
XXV.	Horas cabezal trabajadas en momento de fallas.....	55
XXVI.	Mantenimientos según tipo de falla.....	56
XXVII.	<i>Check list</i> de equipo mínimo de seguridad previo a ejecución de actividad.....	57
XXVIII.	Riesgos potenciales al ejecutar actividades.....	58
XXIX.	Medidas de seguridad para mitigación de posibles riesgos.....	59
XXX.	Porcentaje de <i>scrap</i> permisible.....	79
XXXI.	Sobrepeso permisible.....	80

XXXII. Detalle de paros permisibles..... 81
XXXIII. Paros a mitigar..... 82

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
3Q10	Abreviatura de cuarto de año
ASTM	<i>American Society for Testing Materials</i> , normas internacionales que indican las dimensiones requeridas de las tuberías
CINa	Cloruro de sodio
Kw	Kilo wat
Kg	Kilogramos
PSI	Libras por pulgadas cuadradas, medida de presión
Mm	Milímetros, unidad de longitud
PVC	Policloruro de vinilo
PE	Tuberías de polietileno, químicamente el polímero más simple
PP	Tuberías de polipropileno

Volts

Voltio, unidad del sistema internacional de voltaje

GLOSARIO

Amorfo	Estructuras sin formas que pueden adoptar los materiales en estado sólido.
Batch	Lote de producción con base en corridas de procesos de extrusión.
Check list	Lista o puntos de verificación a revisar previo a realizar una actividad y/o proceso.
Kit	Conjunto de accesorios y herramientas necesarios para operar o realizar un cambio de molde en cabezal.
Peletizado	Es una operación de moldeado termoplástico en el que partículas finamente divididas de una ración se integran en un <i>pelet</i> compacto y de fácil manejo.
Score card	Metas o cumplimiento de indicadores programados a principios de cada cuarto de año.
Scrap	Resina virgen que no pudo ser procesada correctamente, material a reprocesar.
Sensitividad	Nivel de precaución que el negocio requiere para realizar una actividad que impacta económicamente al negocio.

Set up	Preparación en arranque de producción y/o extrusora.
Stock	Palabra en ingles que es utilizada para referirse a la cantidad de herramientas y accesorios en existencia.
Termopar	Dispositivo formado por la unión de dos metales distintos que produce un voltaje.
Trazabilidad	Procedimientos preestablecidos y autosuficientes que permiten conocer el histórico, la ubicación y la trayectoria de un producto o proceso.

RESUMEN

El personal de taller de moldes tiene a cargo la ejecución del cambio de moldes en los cabezales de extrusora, esto consiste en montar el molde adecuado según sea las dimensiones del producto; el mantenimiento adecuado a cada uno de los moldes y herramientas a utilizar, así como el monitoreo diario del funcionamiento adecuado. La falta de procesos y procedimientos inadecuados contribuye a que el herramental sufra daños, a posibles riesgos para el personal que monta los moldes, sufrir incidentes o fatalidades, a que las tuberías no cumplan especificaciones técnicas y sobre todo el sobre giro o pérdida de la materia prima.

Para estandarizar el proceso de cambio de moldes es necesario el conocimiento de los siguientes puntos: el primero es conocer el detalle de todas las actividades, esto incluye relación con los otros departamentos, ejecución de procesos y logística de ejecución de tareas; el segundo punto es programar cada una de las actividades, según programa de producción y necesidades de mantenimientos preventivos basado en tendencias de síntomas de fatiga; el tercero es ejecutar correctamente cada uno de los procesos de acuerdo a procedimientos establecidos, normas de seguridad e indicadores de trazabilidad.

El cuarto punto es medir y controlar las actividades, esto surge a partir de que todo lo que se pueda medir puede llegar a ser controlado, esto por medio de indicadores confiables que muestren al negocio el rumbo y ejecución de todo los procesos, y finalmente el quinto punto es mejorar constantemente cada una

de las actividades, esto es a través del seguimiento y auditorías periódicas que contribuyan a la corrección de las malas prácticas de procesos. Con la finalidad de volver más rentable el proceso de producción de tuberías de PVC, asegurando el posicionamiento del negocio dentro de un mercado cada vez más agresivo y competitivo.

OBJETIVOS

General

Desarrollar un estudio adecuado en el taller de moldes para estandarizar la preparación y ejecución en el proceso de cambio de cabezales en máquinas extrusoras para tuberías de PVC.

Específicos

1. Evaluar y conocer todas las actividades a cargo del departamento de taller de moldes relacionado con el cambio de moldes en los cabezales.
2. Crear procedimientos y fichas de control que permitan la correcta ejecución de todas las actividades.
3. Estandarizar las actividades a través de la programación adecuada de los procesos.
4. Mejorar la eficiencia del departamento de taller de moldes mediante la creación de indicadores que puedan medir y controlar los procesos.
5. Actualizar el programa de mantenimiento que se tienen en existencia para cada una de las piezas existentes en el taller de moldes mediante el análisis de tendencias predictivas de fallas.

6. Contribuir con la reducción de pérdida de material mediante la reducción de *scrap*, sobrepeso y paros de tiempo.
7. Proveer de nuevas herramientas de control al personal de taller de moldes que contribuyan con la mejora continua de los procesos.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la industria Guatemalteca cuenta con diversas fábricas que contribuyen al desarrollo de nuestra comunidad, siendo la fabricación de tubos de PVC una de las que mayor impacto tiene, ya que por medio de ellas se provee de agua y sobre todo contribuye con el desarrollo sostenible de una comunidad.

Existen muchos factores que contribuyen al éxito de una planta de fabricación de tuberías de PVC como lo es el correcto posicionamiento dentro del mercado guatemalteco y sobre todo el contar con un proceso de fabricación eficiente y eficaz que cuente con la capacidad de cumplir con estándares de calidad adecuado; en el proceso de fabricación para los distintos productos de tuberías de PVC es necesario el cambio de moldes o cabezales en las extrusoras, y para ello se debe contar con la logística necesaria para realizar adecuadamente cada uno de estos cambios en las distintas líneas de producción.

El taller de moldes tiene a su cargo el realizar los cambios de moldes según la necesidad de producción y la capacidad instalada con la que cuenta el departamento de manufactura para poder fabricar un producto con dimensiones específicas, de aquí la importancia de contar con un eficiente programa que vaya de la mano con la programación diaria y sobre todo que no genere un paro en la planta, ineficiencia en el producto (*scrap*, sobrepeso) bajo medidas de seguridad establecidas y controladas.

El presente trabajo de graduación es útil al estudiante universitario o profesional ya que por medio de él podrá conocer en qué consiste la preparación de todo el herramental (mantenimiento preventivo, ejecución de normas de seguridad, chequeos de formatos) para el cambio de cabezales en extrusoras que fabrican tuberías de PVC.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Descripción de la empresa

Amanco, es una compañía industrial líder en Latinoamérica en la producción y mercadeo de sistemas de tuberías, conexiones y accesorios plásticos para la conducción de fluidos, principalmente agua, y otros tales como electricidad y gas. Su enfoque es hacia los mercados de construcción predial (residencial y comercial), infraestructura y agricultura.

Actualmente está presente en catorce países de Latinoamérica a través de una extensa red de más de 50 000,00 puntos de venta. En el 2007 Mexichem, empresa mexicana del sector químico y petroquímico adquiere Amanco, integrándose verticalmente a la compañía líder en la producción de cloro, sosa y PVC.

1.1.1. Organización

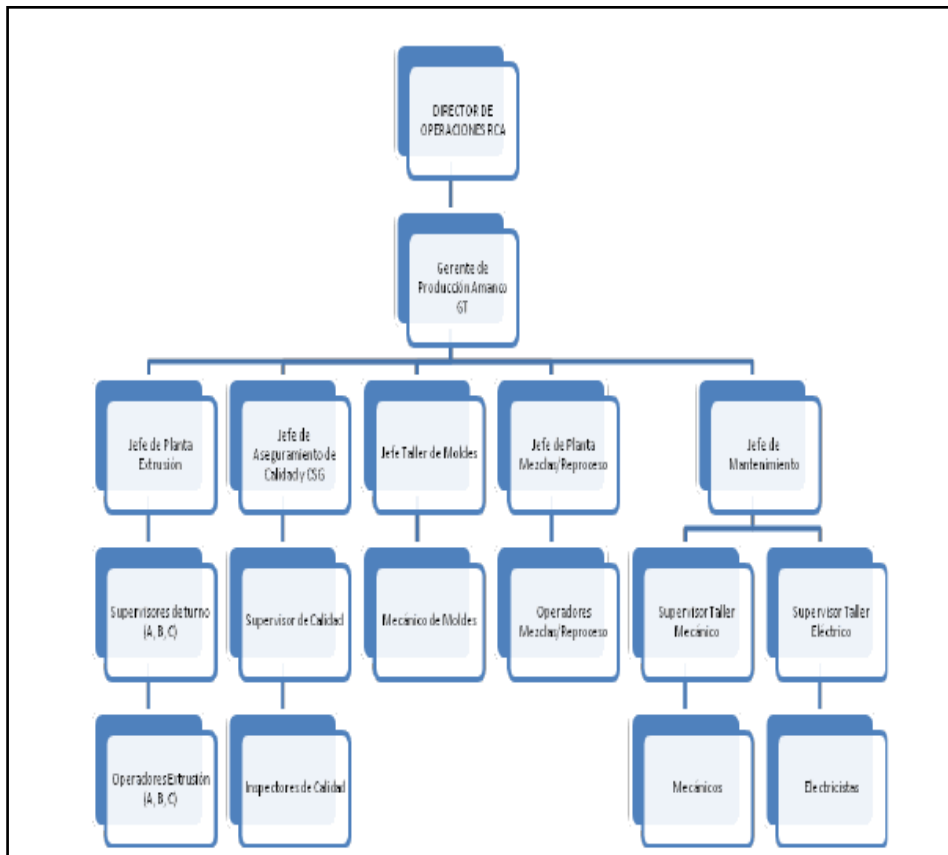
Actualmente la estructura organizacional está dividida de la siguiente manera como se muestra en la figura 1.

1.1.2. Misión

Somos una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de productos químicos y petroquímicos que agregan valor a nuestras materias primas básicas, sal y fluorita, a través de cadenas productivas eficientes que generan resultados de negocio superior y que actúan dentro de un marco de

responsabilidad empresarial. Con ello, apoyamos el ámbito social y ambiental, así como el cumplimiento de las normas y responsabilidades que lo regulan.

Figura 1. **Organigrama del departamento de manufactura**



Fuente: elaboración propia.

1.1.3. Visión

Nos enfocamos en los sectores de mayor potencial de crecimiento y rentabilidad en el mercado latinoamericano, comprometidos con los valores y principios que contribuyan al crecimiento, la eficiencia y la rentabilidad de Mexichem, a través de la satisfacción de las necesidades de nuestros clientes y proveedores, mejoramos e innovamos continuamente la calidad de nuestros

procesos, productivos y servicios, con el fin de cumplir o superar las expectativas de los accionistas, los empleados y la comunidad.

1.1.4. Política de calidad y ambientales

El éxito de poder producir un producto altamente eficiente que responda a las demandas más exigentes del mercado debe contar básicamente con los siguientes aseguramientos.

1.1.4.1. Aseguramientos de calidad

Un producto terminado de calidad debe cumplir básicamente con 3 cosas importantes.

1.1.4.1.1. Dimensiones y especificaciones de la tubería

Deben estar regidas de acuerdo a normas internacionales *ASTM D-2241*. Indican la cantidad mínima y máxima permisibles para que el producto esté bajo control.

1.1.4.1.2. Apariencia del producto terminado

La presentación del producto físico terminado debe ser la adecuada, esto puede llegar a medirse con el brillo correcto del tubo, con el color adecuado de la tubería, la impresión de las medidas, las fechas de creación y el número de lote deben ser el correcto así como legible, y por último que no presente ninguna irregularidad tanto interna como externa.

1.1.4.1.3. Las tuberías deben contar con la resistencia adecuada de uso

Los tubos de PVC en su mayoría son utilizados para el transporte de agua, por lo que están expuestos a condiciones extremas del medio ambiente, existen distintas pruebas que aseguran que el producto podrá resistir adecuadamente a cada condición, dentro de éstas se puede tomar en cuenta: presión de ruptura (*ASTM D 2241*), aplastamiento (*ASTM D 2241*), resistencia al impacto (*ASTM D 2241*), calidad de fusión (*ASTM F 1057*) y grado de fusión (*WAVIN NR-42*).

1.1.4.2. Aseguramientos ambientales

Toda empresa debe contar con el compromiso de prevenir la contaminación que pueda llegar a generar el proceso de transformación de materia prima; a través de eliminar o controlar los impactos ambientales negativos. Igualmente debe ser de suma importancia para la empresa mantenerse al día y cumplir con las legislaciones ambientales existentes en el país, los acuerdos y tratados internacionales suscritas. Como parte de las actividades que deben llegar a realizar para reducir la contaminación y mejorar el desempeño ambiental se puede mencionar:

- Tratamiento de aguas residuales antes de su descarga final.
- Programa de reciclaje para los desechos que generan y la búsqueda constante de nuevas opciones y destinos para el tratamiento de los desechos.
- Programas para mejorar los rendimientos de consumo de agua y energía; y promover su ahorro.

- Programas para la reducción del desperdicio y manufacturas más eficientes.
- Procedimientos y planes para respuesta ante emergencias.

1.2. Análisis del proceso de fabricación de tuberías de PVC

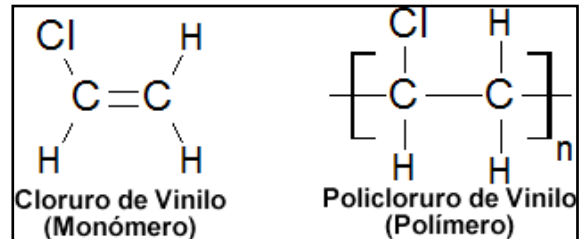
Existe hoy en día en los procesos industriales, una gran tendencia a obtener productos plásticos con mejores cualidades, combinados con mayores velocidades de producción. La experiencia ha demostrado que las extrusoras de tornillo simple tienen más problemas que las extrusoras de doble tornillo cuando se intenta aumentar la velocidad de producción. Los problemas más comunes que pueden presentarse son: plásticos rugosos y accidentados, dificultad para controlar la energía de conversión (sobrecalentamiento del producto), fallas en el transporte, fundido del producto, etc.

Es en este momento es donde los moldes de cabezales de las extrusoras juegan un papel muy importante ya que a partir del correcto montaje de ellos dependerá en gran medida la calidad del producto final a fabricar.

1.2.1. Materia prima

La materia prima principal para accesorios de PVC se deriva del policloruro de vinilo y se obtiene a través de laminilla, peletizado y recuperado. El policloruro de vinilo es un moderno, importante y conocido miembro de la familia de los termoplásticos. Es un polímero obtenido de dos materias primas naturales cloruro de sodio o sal común en un 57% y petróleo o gas natural en 43%, siendo por lo tanto menos dependiente de recursos no renovables que otros plásticos.

Figura 2. **Compuestos del policloruro de vinilo**



Fuente: elaboración propia.

El PVC se presenta en su forma original como un polvo blanco, amorfo y opaco. Es inodoro, insípido e inocuo, además de ser resistente a la mayoría de los agentes químicos. Es ligero y no inflamable por lo que es clasificado como material no propagador de la llama.

1.2.2. **Formulación**

La formulación de resinas, aditivos, espumantes y estabilizadores dependen en gran medida del producto que desee fabricar; adicional a estos compuestos es necesario tomar en cuenta la cantidad de producto a fabricar esto quiere decir que por cada *batch* de materia prima de PVC debe calcularse la dosificación necesaria por producto. Dentro de los productos que deben incluir en la formulación de materia prima para productos de PVC contamos con los siguientes:

- Resinas de PVC
- Carbonatos de calcio
- Dióxido de titanio
- Ceras polietilénicas
- Ceras parafínicas
- Esteratos de calcio

- Modificadores de impacto
- Colorantes (en algunas ocasiones)

1.2.3. Mezclado

El mezclado de un *batch* para la elaboración de una tubería regular de PVC como es el caso de un tubo de ½ pulgada de diámetro y 12 pulgadas de largo debe realizarse de la siguiente manera:

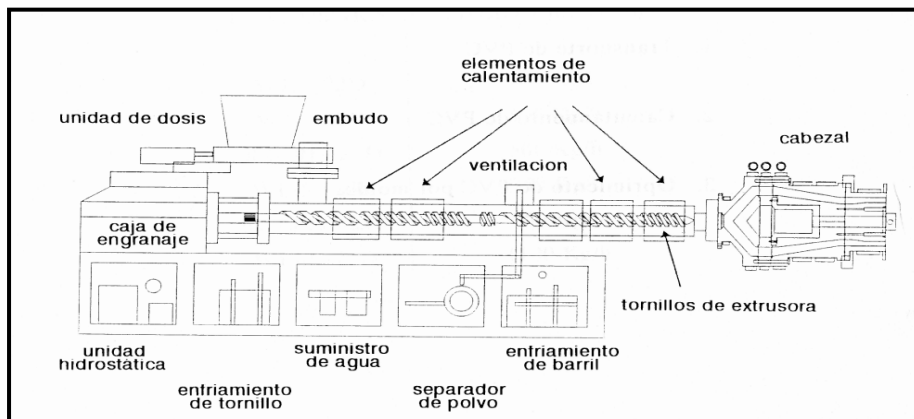
- Dentro de un dosificador debe agregarse la resina a temperatura ambiente. El estabilizador debe agregarse a 60° Celsius, esto evita la degradación del PVC ya que cuando éste entra en contacto con el ambiente pierde propiedades.
- Los aditivos como las ceras parafinicas, ceras polietilénicas, y esteratos de calcio se debe ingresar a 70° Celsius, los aditivos sirven para recubrir y darle mayores propiedades para soportar las altas temperaturas en el proceso de extrusión.
- A 108° Celsius se logra el cocimiento de todos los materiales.
- Por último se agregan los carbonatos de calcio así como los dióxidos de Titanio que son los colorantes y protectores de sol.
- Al finalizar el proceso de mezclado es necesario el enfriamientos de la mezcla en donde pasa de 108° Celsius hasta temperatura ambiente esto evita que la mezcla se queme o degrade.

- Al terminar pasa a un tamizado, éste sirve para liberar todas las impurezas de un *batch*.
- Al finalizar el tamizado deben enviarse a depósitos de almacenamiento en donde debe reposar por un mínimo de 24 horas. De no ser así puede llegar a dar problemas de apariencia (el tubo torna un color amarillento o rosado, así como problemas internos).
- Tomar en cuenta que el producto de esto es un compuesto semielaborado (un paso antes del producto terminado).

1.2.4. Proceso de extrusión

Para efectos de casos prácticos únicamente se tomará en cuenta el proceso de extrusión de tubos, mangueras y perfiles, este proceso consta de un extrusor, cabezal, tina de enfriamiento, elemento de tiro a jalado constante, unidad de corte, para el caso de la tubería un formador de campanas para su acoplamiento y para el caso de la manguera de un bobinador.

Figura 3. Extrusora de tuberías de PVC



Fuente: elaboración propia.

Los equipos que se mencionarán a continuación son para la fabricación de tubería de PVC, pero podrán aplicarse también para otras tuberías como perfil rígido, perfil flexible o manguera fabricados con diferentes polímeros. Para escoger el equipo adecuado para alguna aplicación en específico se deberá consultar con el fabricante de equipos o con cada uno de sus expertos dependiendo de su aplicación.

1.3. Situación actual del departamento de manufactura

Para poder llegar a determinar la condición actual en la que todo departamento encargado del proceso de cambio y montaje de los cabezales debe trabajar, se puede hacer uso de un análisis FODA.

1.3.1. Análisis FODA (departamento de taller de moldes)

El análisis estratégico FODA es una herramienta, que permite analizar elementos internos o externos de programas y proyectos. Con este análisis se podrá tener una previa idea de cómo se debe explotar cada fortaleza, como aprovechar cada una de las oportunidades en nuestro entorno así como minimizar las amenazas y debilidades en nuestro proceso.

1.3.1.1. Fortalezas

Son todos aquellos elementos internos y positivos que diferencian al programa o proyecto de otros de igual clase.

1.3.1.2. Debilidades

Son problemas internos, que una vez identificados y desarrollando una adecuada estrategia, pueden y deben eliminarse.

1.3.1.3. Amenazas

Son situaciones negativas, externas al programa o proyecto, que pueden atender contra éste, por lo que llegado al caso, puede ser necesario diseñar una estrategia adecuada para poder sortearla.

1.3.1.4. Oportunidades

Son aquellas situaciones externas, positivas, que generan en el entorno y que una vez identificadas pueden ser aprovechadas.

Tabla I. **Análisis FODA en actividades del departamento de taller de moldes**

	Fortalezas (F)	Debilidades (D)
Internas/Externas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mejoramiento continuo del proceso de fabricación para optimizar costos 2. Conocimiento de expertos, en modificaciones de piezas 3. Mantenimiento continuo 4. Procedimientos dentro del departamento 5. Personal adecuado en planta 6. Fomentar el empoderamiento del 7. Calidad del producto final 8. Producción de tuberías de acuerdo a normas internacionales 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Incorrecta distribución de tareas en el taller de moldes 2. Procedimientos incompletos de las actividades dentro del taller de moldes 3. Ejecución de mantenimiento correctivo en lugar de realizar un mantenimiento preventivo. 4. Ejecuciones inseguras de actividades en el proceso de cambio de moldes.
Oportunidades (O)	Estrategias FO	Estrategias DO
<ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de capacitaciones externa al personal de taller de moldes 2. Poca existencia en el mercado de herramientas y piezas de mayor calidad. 3. Ejecución adecuada de actividades para disminuir costos de producción. 	<ol style="list-style-type: none"> 1,3 Creación de indicadores de eficiencias 2,7 Creación de procedimientos para investigación de accesorios nuevos 	<ol style="list-style-type: none"> 1,3 Creación de formatos para planificación, coordinación y ejecución de actividades 2,1 Creación de formatos para la estandarización de procedimiento detallado en cambio de cabezales 3,3 Creación de mantenimiento preventivo 4,1 Determinación de medidas de seguridad industriales y ocupacionales,
Amenazas (A)	Estrategias FA	Estrategias DA
<ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de maquinaria adecuada para aumentar la calidad del producto final 2. Competencia en el mercado 	<ol style="list-style-type: none"> 3&5,1 Estudio de mantenimiento preventivo 1,2 Seguimiento a indicadores de eficiencia para disminución de costos 	<ol style="list-style-type: none"> 3,1 Seguimientos de mejora Continua en el proceso de cambio de moldes

Fuente: elaboración propia.

2. DIAGNÓSTICO, EVALUACIÓN Y ESTUDIO

2.1. Estudio del proceso de extrusión

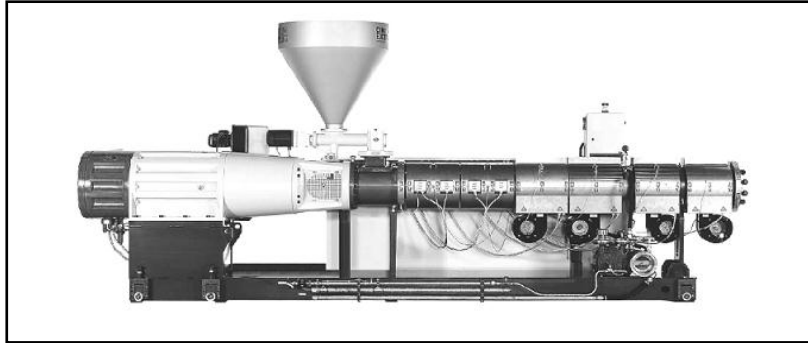
Previo al comienzo del análisis del proceso de cambio de los cabezales en una línea extrusora de tubería de PVC, es necesario conocer el proceso básico de extrusión. La extrusión es el que permite obtener barras y perfiles de distintas formas, este proceso consiste en una matriz, cuya salida tiene la forma del perfil o barra a fabricar, para efectos prácticos sería la forma de una tubería de un diámetro específico; en la unidad de dosificación o embudo se ingresa la materia prima en donde por medio de una presa hidráulica es forzada a pasar a través de la matriz, donde saldrá la tubería a obtener en forma continua, en el caso específico de tubería de PVC el proceso debe ser trabajado en caliente para poder llegar a obtener las propiedades necesarias.

2.1.1. Definición de extrusora

La extrusora es un equipo de transformación, responsable del transporte, compactación, fusión, mezclado, homogeneización, plastificación y el conformado de las resinas plásticas en él procesadas.

Se pueden dividir en dos tipos, siendo la extrusora de tornillo simple o mono husillo la que actualmente se encuentra en uso para la producción de tubería PVC, y la extrusora de doble tornillo o de tornillos gemelos, la cual presenta una mejora en la mezcla y en el transporte del polímero.

Figura 4. **Instalación y partes principales de extrusora de PVC**



Fuente: elaboración propia.

2.1.2. Partes principales

Los componentes principales con los que una extrusora cuenta son los siguientes.

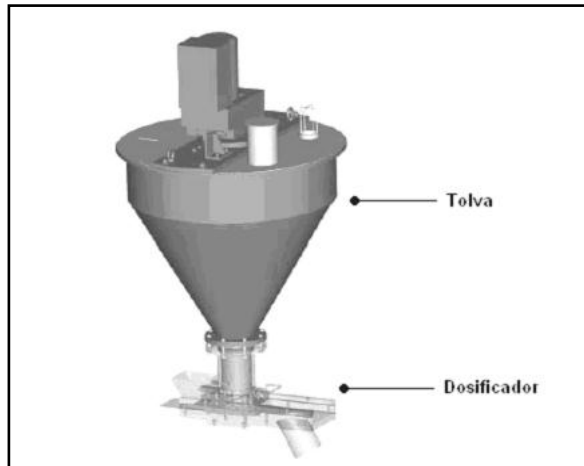
2.1.2.1. Tolva de alimentación y dosificador

La tolva de alimentación es por donde se descarga la resina encargada de alimentar a la extrusora, el volumen deberá ser proporcional a la capacidad de la máquina normalmente equivalente al ancho del tornillo; seguido de la tolva se encuentra el dosificar, éste es el que alimenta directamente el compuesto de los tornillos de extrusión así como el barril tal y como se muestra en la figura 5.

2.1.2.2. Tornillo o husillo del extrusor

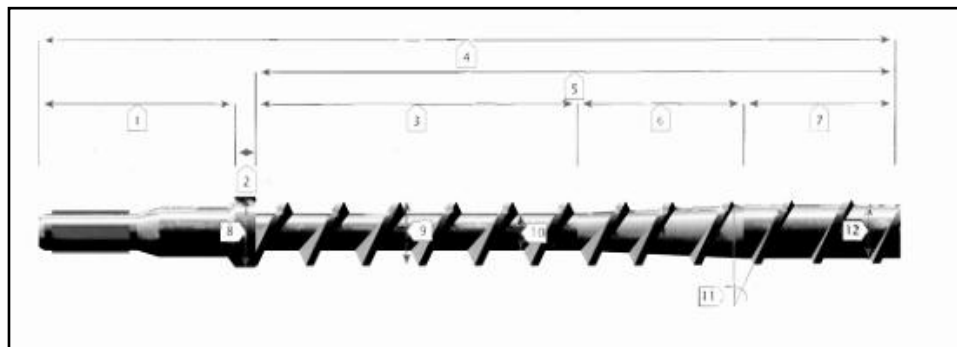
La parte más importante en un extrusor es el tornillo ya que es la parte que mezclará, fundirá y transformará el plástico fundido, como se muestra en la figura 6.

Figura 5. **Tolva y dosificador**



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Tornillo de extrusor**



Fuente: elaboración propia.

Los tornillos constan de álabes, éstos son las roscas del tornillo que impulsan el material a través del extrusor, la distancia que existen entre los álabes uno de otro respectivamente se le conoce como *pitch* del tornillo; actualmente los tornillos cuentan con canales internos por donde circulan los líquidos fríos para evitar la incorrecta plastificación; este tornillo es movido por un motor eléctrico de alta potencia.

2.1.2.3. Barril del extrusor

Los barriles están actualmente diseñados para soportar grandes presiones (entre 10 000,00 a 20 000,00 psi) fabricados de acero inoxidable; el barril o exterior de la extrusora es un cilindro metálico que conforma, junto con el tornillo de extrusión, la cámara de fusión y bombeo de la extrusora.

Figura 7. **Barril del extrusor**



Fuente: elaboración propia.

2.1.2.4. Sistema de calentamiento y enfriamiento del extrusor

La parte externa del barril del extrusor cuenta con sistema de calentamiento y enfriamiento para mantener el barril a la temperatura deseada. El calentamiento viene de las resistencias eléctricas que están alrededor del barril que deberán estar muy bien ajustadas y bien conectadas para lograr una buena transferencia de calor hacia el barril. Usualmente las resistencias pueden operar a 110 o 220 volts. El calentamiento se divide entre 3 y 5 grupos a lo largo del barril, teniendo conectada cada grupo un termopar y un control instrumental, con el fin de poder contar con 3 ó 5 grupos de control de

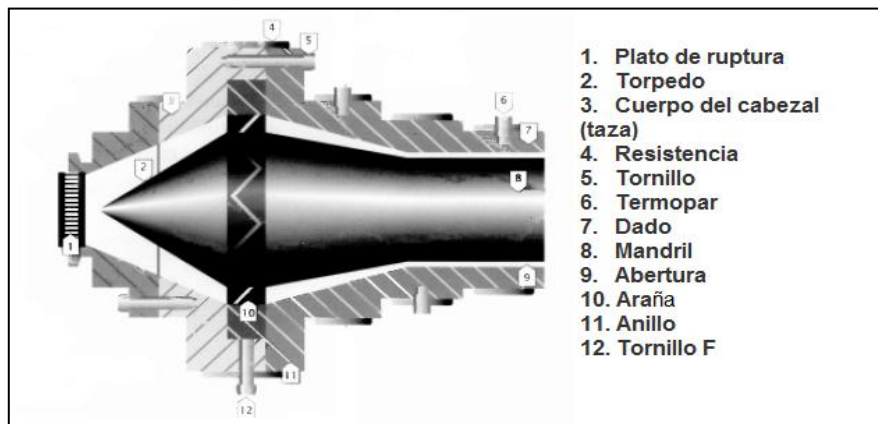
temperatura. Es importante entender ciertas cosas acerca de los termopares; éstos hacen el trabajo de un termómetro y miden la temperatura eléctricamente.

2.1.2.5. Cabezal

El tipo de cabezal y dado dependen en gran medida del producto a fabricar ya que sirve para dar la forma a la tubería de acuerdo a una medida requerida. Es sujetado al frente del extrusor usando un anillo. La resina fluye a través del cuerpo del dado dividiéndose en tres partes por medio de la araña. La araña tiene tres ranuras, podría haber de dos, cuatro, seis y ocho brazos.

La resina llega al dado y mandril donde se le dará la forma cilíndrica de la tubería. El dado también es colocado en el cuerpo del cabezal por medio de un anillo el cual es apretado por varios tornillos. Notar que el dado es diseñado para que se adapte a la superficie de la taza y el anillo y que puede ser empujado por varios tornillos. Durante el inicio de la extrusión de la tubería, el centrado del dado con respecto al mandril es una de las primeras cosas que deberán de ser ajustadas. Esto afecta la excentricidad del grosor de las paredes del tubo.

Figura 8. Cabezal del extrusor



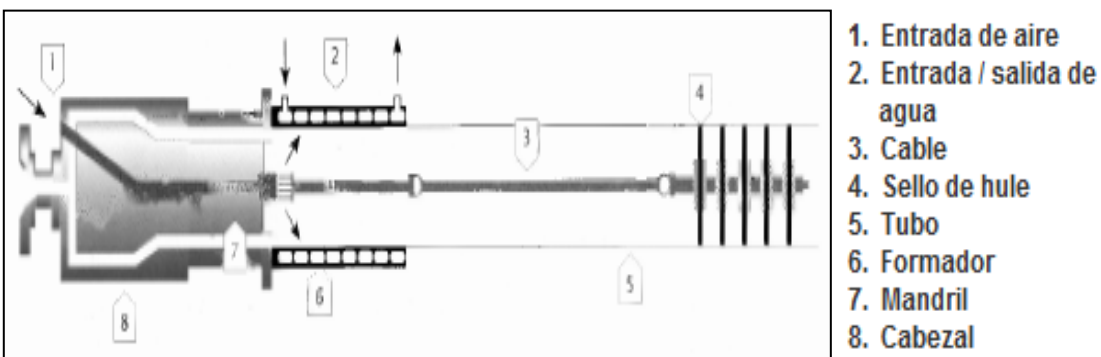
Fuente: elaboración propia.

2.1.2.6. Sistemas de calibración de tubería

2.1.2.6.1. Calibración a presión

El extruido tubular pasa directamente dentro de un tubo de metal el cual tiene un calibre igual al diámetro exterior requerido para el producto terminado. El tubo extruido es sellado por medio de un tapón que es soportado por un cable que va directo al mandril, y una presión interna se crea para conservar la tubería presionada contra el tubo de metal cerca de 2 psi por lo regular. El tubo es enfriado con agua al pasar por la cavidad.

Figura 9. **Calibrador de extrusora (presión)**

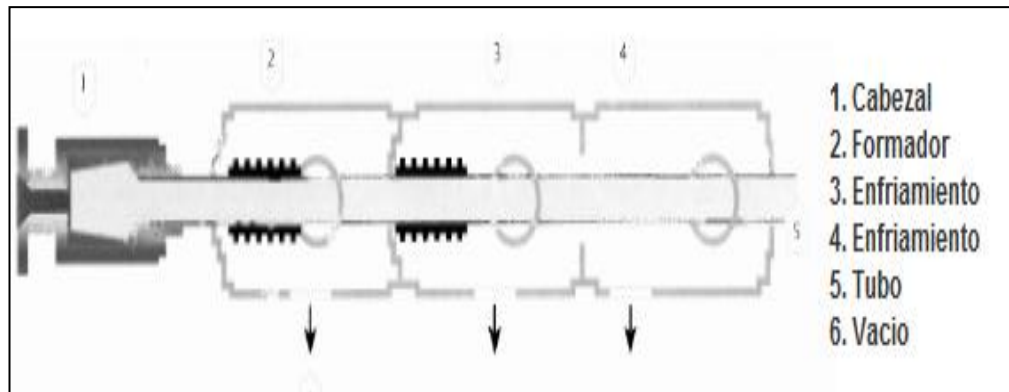


Fuente: elaboración propia.

2.1.2.6.2. Calibración por anillo de vacío y tanque de enfriamiento

El extruido tubular pasa a través de un anillo de vacío (como un pequeño tubo) que afecta al inicio del tamaño de la tubería, procediendo a enfriarse en una tina de agua, conservándose bajo presión reducida. La presión atmosférica dentro de la tubería mantiene la redondez mientras que pasa por el enfriamiento. Los modernos tanques de vacío pueden manejar rangos de tubería arriba de 900 mm de diámetro exterior.

Figura 10. **Calibrador de extrusora (vacío)**



Fuente: elaboración propia.

2.1.2.7. **Tina de enfriamiento**

La tina de enfriamiento consta de varias cámaras o secciones de enfriamiento en el que cada sección se le puede aplicar vacío de acuerdo a las necesidades del tubo. La primera sección es la más importante ya que se colocará el tubo calibrador para formar la tubería extruida por medio de vacío; el enfriamiento deberá ser muy eficiente para lograr que en poco tiempo se enfríe el producto y no se deforme posteriormente, como se muestra en la figura 11.

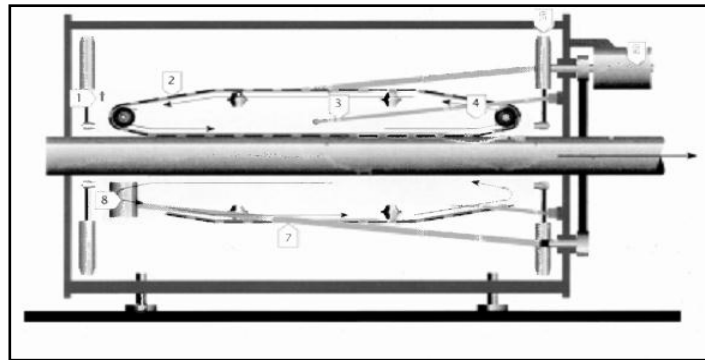
2.1.2.8. **Unidad de tiro o jalador**

La principal función del equipo es el de jalar la tubería que sale del extrusor y que pasa por el calibrador y la tina de enfriamiento a una velocidad requerida, también alimenta la tubería enfriada que se dirige hacia la cortadora. El jalador es normalmente de oruga de tipo neumático, empleando estos elementos para atrapar la tubería e impartir una fuerza de tracción.

2.1.2.10. Equipo de cortado

La tubería es normalmente cortada por una sierra radial circular, la cual viaja con la tubería para realizar el corte. La sierra es generalmente activada por un *switch* de límite que es colocado de acuerdo a la longitud de la tubería.

Figura 13. **Equipo de cortado**



Fuente: elaboración propia.

2.1.3. Funcionamiento de extrusora

La extrusión es un proceso para la conversión de un material plástico que es alimentado dentro de un producto continuo con forma de sección cruzada y dimensionada para ciertos requerimientos (extrusora). El compuesto de plástico es cargado dentro de la tolva y éste pasará a la sección de alimentación del tornillo a través de una sección abierta del barril. El material es empujado hacia adelante por el tornillo en un cierto estado de masa fundida y homogeneizada. La conversión del plástico sólido en este estado y en particular los cambios morfológicos implicados, son usualmente llamados gelación o plastificación. El material es moldeado y forzado a salir a través de un dado formador.

2.2. Estudio de actividades del departamento de taller de moldes

El departamento encargado del cambio de cabezales en las líneas de extrusión es llamado departamento de taller de moldes, éste tiene como función principal el montaje y desmontaje de los cabezales en el momento de arranque de producción, así como en el cambio de tipo de tubería (diámetro y apariencias) y el aseguramiento adecuado de su funcionamiento.

2.2.1. Análisis de frecuencia actividades

El análisis detallado de cada una de las actividades programadas para el taller de moldes es esencial para el monitoreo de indicadores de eficiencia, tanto en el trabajo realizado como del personal de taller de moldes; éstos son clasificados de acuerdo a su importancia.

Tabla II. Frecuencia de actividades

Actividades	
Frecuencia	Sensitividad
Diario	Toda actividad que impacta directamente con la planificación de producción de tubería
Semanal	Toda actividad que interviene con el funcionamiento adecuado de la maquinaria
Quincenal	Actividad directamente relacionada con el <i>stock</i> necesario de accesorios y repuestos
Mensual	Actividades que determinan la planificación del mantenimiento de cabezales
Trimestral	Actividades que contribuyen con el mantenimiento preventivo
Anual	Actividades que contribuyen a la mejora continua del departamento de taller de moldes y medidas de seguridad

Fuente: elaboración propia.

2.2.2. Evaluación de actividades por parte del personal

Las asignación de actividades del departamento de taller de moldes depende básicamente de dos cosas, la primera es por la sensibilidad de la actividad, esto quiero decir que todo lo que tiene que ver directamente con validación de procesos, contabilización de costos, y seguridad en los procesos de trabajo tiene que ser intervenido directamente por el jefe de taller de moldes; la segunda es por distribución de eficiencia de tiempos, esto ayuda a que todas las actividades estén realizándose de acuerdo a lo establecido.

Tabla III. **Actividades principales del departamento de taller de molde**

Actividades		
Tipo	Frecuencia	Encargado
Revisión de programa de producción	Diario	Jefe TM
Transporte adecuado del herramental al lugar de precalentado	Diario	Jefe/Asistente TM
Armar y desarmar el herramental precalentado	Diario	Jefe/Asistente TM
Montaje del cabezal	Diario	Jefe/Asistente TM
Verificación de purga adecuada previo al desmontaje del cabezal	Diario	Asistente TM
Desmontaje del cabezal	Diario	Jefe/Asistente TM
Limpieza del cabezal	Diario	Asistente TM
Transportar el herramental desmontado al taller de moldes	Diario	Jefe/Asistente TM
Limpiar el área en donde se desarmo el cabezal	Diario	Asistente TM
Recoger herramienta utilizada y colocarla en su lugar	Diario	Asistente TM
Colocar el herramental desmontado en el lugar correspondiente hasta nueva orden	Diario	Asistente TM
Verificación de calibradores	Semanal	Asistente TM
Verificación del estado adecuado y disponibilidad de herramientas	Semanal	Jefe TM
Revisión de accesorios y herramientas en bodega de taller de moldes	Quincenal	Jefe TM

Continúa Tabla III

Actividades		
Tipo	Frecuencia	Encargado
Verificación de empaques	Mensual	Jefe/Asistente TM
Verificación de pernos	Mensual	Jefe/Asistente TM
Colocación de rodos	Mensual	Jefe/Asistente TM
Verificación de tapones en cadenas	Mensual	Jefe/Asistente TM
Cambiar candela de campaneó	Trimestral	Jefe/Asistente TM
Cromado de piezas	Trimestral	Tercerizar
Mantenimiento preventivo de cabezales y piezas	Trimestral	Jefe/Asistente TM
Pintado de dados	Anual	Jefe/Asistente TM
Análisis de posibles incidentes y accidentes en las actividades	Anual	Jefe TM

Fuente: elaboración propia.

2.2.3. Trazabilidad de actividades programadas

La trazabilidad de actividades es un indicador esencial que mide el porcentaje de cumplimiento de tareas realizadas adecuadamente de acuerdo a lo planificado.

2.2.3.1. Estudio de actividades programadas

Las actividades críticas asignadas al taller de moldes dependen totalmente de la producción programada, esto debido a que los arranques, paro y cambios de tipo de productos dan como resultado el ajuste, montaje y desmontaje de cabezales; para poder llegar a medir y programar eficientemente las tareas prioritarias es necesario contar con un programa detallado de planificación así como con un seguimiento continuo del producto terminado; para esto es necesario la creación de formatos y procedimientos que permitan detallar toda la información, éstos deben contar con la siguiente información.

Tabla IV. **Información necesaria en planificación de producción**

Planificación de producción	
Aspectos a tomar en cuenta	Significancia
Código producto	La codificación de productos identifica específicamente a cada tubo a producir, esta sirve para procesos de órdenes de compra, repuestos y preparación de cabezal específico.
Producto a fabricar	Describe el detallada de los tubos a fabricar como las dimensiones, uso adecuado, tamaño, cantidad de presión.
Orden de compra	Es un numero correlativo que relaciona al cliente con el tipo de tubería
Total a producir	Cantidad de tubos por Batch, esto da un estimado del tiempo en promedio en que tarda el producto en fabricarse.
Tubos hechos	Cantidad actual de tubos producidos durante un tiempo específico, esto ayuda a poder calcular en cuanto tiempo el producto estará finalizado.
Tubos pendientes	Cantidad de tubos para cumplir con la orden de compra.
% cumplimiento	Porcentaje de eficiencias de acuerdo a lo programado, coeficiente entre lo que se tiene fabricado vs. Lo total a producir
Tubos por hora	Razón de cambio que indica la velocidad de marcha fabrica por tubo.
Tiempo en preparación de equipo	Se estima el tiempo promedio en que una línea de extrusión tarda en poder comenzar a producir, estos factores pueden ser, paro programados, cambio de cabezales, revisión de partes eléctricas, mecánicas.

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Información básica en mantenimiento preventivo**

Programa básico de un mantenimiento preventivo	
Actividad a realizar	Detalle del mantenimiento necesario de cabezal, herramienta y pieza.
Fecha programada	Semana en la que el mantenimiento estará programado
Personal encargado	Ésta puede ser tanto por realizada tanto por el jefe de taller de molde como por el asistente.

Fuente: elaboración propia.

2.2.3.2. Estudio de actividades hechas

El departamento de taller de moldes debe cumplir en un cien por ciento el montaje y desmontaje de todo cabezal, de acuerdo al programa de producción; adicional a esto también debe incluir un programa de mantenimiento preventivo que garantice el buen funcionamiento del cabezal de la extrusora.

De aquí la necesidad de controlar y detallar adecuadamente el trabajo que realiza durante un tiempo específico; esto ayuda a poder distribuir adecuadamente toda actividad y a su vez aumenta el porcentaje de indicadores de efectividad (*scrap*, sobrepeso, horas marcha fabrica, paros por *set up*, incumplimiento de producción); de igual manera que el proceso de actividades planificadas, es necesario contar con formatos que ayuden a controlar el trabajo realizado.

Tabla VI. **Información necesaria en reporte de actividades realizadas por taller de moldes**

Reporte de actividades realizadas por taller de moldes durante la producción	
Aspectos a tomar en cuenta	Significancia
Línea de extrusión	Identifica la extrusora específica en la cual se realizó el trabajo durante una jornada
Actividad realizada	Es el detalle de actividad que se realizó en una extrusora, esta identifica que tipo de trabajo se hizo (cambio de cabezal, ajuste, modificaciones, mantenimientos correctivos, cambios de productos)
Hora de actividad realizada	Registra la hora de en qué ocurrió la actividad y el tiempo en que se tardó
Turno	A que horario pertenece
Fecha realizada	El día en que se registraron los datos
Personal ejecutor	El personal que realizó el monitoreo de la extrusora

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. Información necesaria en reporte de producción

Reporte de producción	
Parámetros a tomar en cuenta	Significancia
Fecha	Día de la producción
Línea de extrusión	Identifica la extrusora específica, en la cual se realizó el trabajo durante una jornada.
Producto	Tipo de tubería a fabricar (dimensiones y uso)
Orden de compra	Es un numero correlativo que relaciona al cliente con el tipo de tubería
Hora de entrega	Estimado de hora en que la producción finalizara un <i>batch</i> de producto
Peso neto	Peso de real del total de tubos que se lleva producido
Cantidad de tubos producidos	Cantidad de tubos que se produjeron en un turno
Scrap generado (Kg)	Cantidad de material (resina virgen) que ingreso a la extrusora y no salió como producto terminado, y puede ser reprocesado
Kilos producidos	Cantidad de materia prima que se utilizó durante un turno
Horas marcha maquina	Cantidad total de horas que una extrusora trabajo durante un turno
% de sobrepeso	Es la razón entre Kg totales producidos dentro de la cantidad de tubos producidos con relación al peso teórico
% de scrap	Es la razón entre la cantidad de kg de scrap generado y el total de kg producido
% de eficiencia	Es la razón entre la cantidad de los que se produjo dentro de la capacidad instalada
% de paros	Es la razón entre la cantidad de horas de paro (<i>set up</i> , cambios, mantenimientos, cortes de energía, etc.).
Turno	A que horario pertenece
Operador de maquina	El personal que realizo el monitoreo de la extrusora
Jefe de Turno	Jefe encargado de turno

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Información a incluir en mantenimiento preventivo**

Aspectos en hoja de mantenimiento preventivo
Cabecal verificado
Actividad realizada
<i>Check list</i> de actividades críticas realizadas en el mantenimiento preventivo
Descripción detallada de lo que se realizo
Piezas sustituidas, modificadas y/o arregladas
Ejecutor responsable
Fecha de cumplimiento

Fuente: elaboración propia.

Las actividades realizadas deben tener un adecuada trazabilidad con lo programado, el poder medir el porcentaje de cumplimiento ayuda a saber si un proceso es eficiente y si se realiza adecuadamente, adicional a esto indica si un mantenimiento preventivo está desarrollado correctamente; optimiza costos y crea indicadores más confiables.

2.3. Revisión de procedimientos y formatos necesarios en el departamento de taller de moldes

Al haber identificado previamente los roles y actividades que el departamento de taller de moldes desempeña dentro del departamento de manufactura, es necesario planificar adecuadamente de qué forma se van a realizar cada una de las tareas, como se pueden llegar a medirse y sobre todo como se puede mejorar cada una de ellas; para esto es necesario crear procedimientos y fichas de control que ayuden al proceso.

2.3.1. Revisión de procedimientos y formato de actividades programadas por parte de planificación

El departamento de producción es un cliente directo de todo el trabajo del taller de moldes; ya que según sean las necesidades de fabricar un producto específico así será el cambio de moldes que una línea de extrusión tenga que ser sometido, es necesario tomar en cuenta que el precalentamiento correcto, montaje adecuado y ajuste necesario determina en gran medida la calidad del producto terminado; los controles necesarios que deben llegar a determinarse y crearse son los siguientes (ver tabla IX).

2.3.2. Revisión de procedimientos para cambio de moldes en las líneas de extrusión

Es necesario llegar a estandarizar el proceso de montaje y desmontaje de los cabezales, precalentamiento de moldes, proceso de limpieza de molde y el correcto traslado de materiales y cabezales; para esto se debe contar con procedimientos detallados que guíe al personal en la forma adecuada de realizar la tarea.

2.3.3. Revisión de formatos para el control de inventarios en bodega

La logística de tener en *stock* la cantidad óptima de piezas, repuestos y accesorios es muy importante, ya que esto garantiza al cien por ciento la disponibilidad inmediata de ellos al momento de realizar un cambio y/o montaje de cabezales; para esto se debe contar con una ficha de control que detalle cada uno de los materiales disponibles dentro de la bodega de accesorios.

2.3.4. Revisión de formatos de planificación de mantenimiento y actividades realizadas

Es necesario crear fichas de control que permitan recopilar todo lo que se produjo así como todas las actividades que el departamento de taller de moldes realizó; esto debido a que a partir de esta información se crearán los indicadores de eficiencias tanto del cabezal de molde de la extrusora como del material fabricado.

2.3.5. Revisión de *kit* de accesorios para cabezales en líneas de extrusión

La creación de un *check list* durante el proceso de cambio de moldes ayuda a realizar adecuadamente la actividad programada de acuerdo a un procedimiento establecido.

Tabla IX. **Procedimientos y fichas de control para ejecución de tareas de taller de moldes**

Procedimientos necesarios				
Tipo de Actividad	Nombre del proceso	Propósito	Depto. Encargado	Inciso
Ficha de control	Programa de planificación de producción de tubería	Saber el producto a fabricar, cantidad, especificaciones técnicas, dimensiones, fechas y tiempos.	Depto. de planificación	2.3.1
Ficha de control	Programa de mantenimiento preventivo	Planificar adecuadamente el tiempo necesario para realizar un mantenimiento a piezas, cabezales y/o estructuras.	Depto. de taller de moldes	2.3.1
Ficha de control	Asignación de actividades diarias al personal de taller de moldes	Programar las actividades diarias del personal de acuerdo a necesidades y horarios (Turnos) del departamento de producción.	Depto. de taller de moldes	2.3.1
Procedimiento	Proceso para el montaje y desmontaje de moldes	Guiar adecuadamente al personal de taller de moldes para el montaje y desmontaje de molde.	Depto. de taller de moldes	2.3.2
Procedimiento	Proceso para el manejo y traslado de moldes	Mostrar el correcto manejo y traslado de moldes para evitar daños en cabezales e incidentes en el personal.	Depto. de taller de moldes	2.3.2

Continúa Tabla IX

Procedimientos necesarios				
Tipo de Actividad	Nombre del proceso	Propósito	Depto. Encargado	Inciso
Procedimiento	Proceso para cambio de cabezales	Enseñar la forma en que se debe de realizar un cambio de cabezal debido al cambio de producto.	Depto. de taller de moldes	2.3.2
Procedimiento	Proceso de limpieza de molde	Indicar los pasos que se deben de realizar para la limpieza adecuada del molde.	Depto. de taller de moldes	2.3.2
Procedimiento	Proceso para el precalentamiento de moldes	Mostrar los tiempos y forma en que se debe de precalentar un molde.	Depto. de taller de moldes	2.3.2
Procedimiento	Control de inventarios en bode de taller de moldes	Monitorear la cantidad en stock de accesorios, herramientas y cabezales que el taller de moldes debe de tener.	Depto. de taller de moldes	2.3.3
Ficha de control	Mantenimientos preventivos realizados	Detallar correctamente los trabajos programados realizados.	Depto. de taller de moldes	2.3.4
Ficha de control	Reporte diario de cambios y ajustes a cabezales	Detallar el total de actividades que se realizaron previo a un cambio de producto, paro y arranque de producción.	Depto. de taller de moldes	2.3.4
Ficha de control	Reporte de producción	Saber el detalle de todo lo que se produjo por turno de producción, cantidad de tubos faltantes, <i>scrap</i> , sobrepesos, eficiencias y problemas.	Depto. de Producción	2.3.4
Ficha de control	<i>Check list</i> de accesorios en cabezal de maquina	Hacer recuento básico de las piezas a trabajar durante un cambio.	Depto. de taller de moldes	2.3.5
Procedimiento	Procedimiento seguro de trabajo	Indicar las normas básicas de seguridad durante las actividades de cambio de moldes.	Depto. de taller de moldes	2.3.6

Fuente: elaboración propia.

2.4. Análisis del cambio mecánico de moldes

El molde de una extrusora es el encargado de darle la apariencia deseada a la tubería de PVC, éste regula espesor, diámetro interno y externo, así como la apariencia interna y externa de la tubería, básicamente se divide en dos partes, el cabezal que tiene 2 funciones principales que es preparar la resina antes de llegar a la candela y actuar como carcasa del molde sosteniéndola adecuadamente; la segunda parte (molde) es el encargado de regular las dimensiones necesarias, el dado y candela son las partes encargadas de realizar la tarea.

2.4.1. Partes principales que componen un cabezal

Las piezas fundamentales con la que todo cabezal de extrusión de PVC cuenta son las siguientes.

2.4.1.1. Olla

Lo olla es el cuerpo o base principal del cabezal, sostiene al cono internamente y conecta el cabezal con la recámara.

2.4.1.2. Cono

La resina que viene directo del tornillo choca con la punta del cono, contribuye con la función de modificar el patrón de flujo en espiral a uno longitudinal además de separar el material y distribuirlo hacia la araña.

2.4.1.3. Araña

Tiene por lo general una sección transversal aerodinámica para facilitar el flujo de PVC, la araña más utilizada es la de punta de diamante, ésta tiene como finalidad el cortar el material que viene directo del cono.

2.4.1.4. Pines de calentamiento

La función de los pines es mantener la temperatura adecuada durante el proceso de modelación de la resina, éstos van insertos en la parte interior del cono.

2.4.1.5. Candela o mandril

Es el encargado de darle el diámetro y espesor interno a la tubería, éste se mantiene en posición fija al cabezal y para lograr que la candela y el dado sean concéntricos, se cuenta con unos tornillos especiales para centrar la posición del dado.

2.4.1.6. Housing

Una vez nuevamente el material cortado por la araña, la función principal es la correcta plastificación luego de haber sido separada por la araña.

2.4.1.7. Dado

El dado de extrusión es el componente del cabezal encargado de la conformación final del extruido. Le da forma al diámetro de la tubería.

2.4.1.8. Tornillo

Es el encargado de ajustar el dado respecto a la candela, éste le da la excentricidad así como el grosor necesario.

2.4.1.9. Anillo

El anillo es el encargado de sujetar el cuerpo del cabezal con la parte del frente del extrusor.

2.4.2. Estudio mecánico del proceso de cambio de moldes (tiempos y actividades)

El siguiente análisis de tiempos y actividades, detalla la forma adecuada de cómo se debe realizar un cambio de molde en los cabezales de extrusoras; el tiempo estandarizado se encuentra en segundos y el tipo de molde se divide por tipo de producto a fabricar; la tubería de 6 pulgadas de diámetro necesita de moldes sumamente grandes, por lo que éstas deben manipularse con mayor cuidado de aquí la manera en que se divide el molde (pequeño y grande).

Tabla X. Tipos de moldes

Código	Descripción	Tipo de molde
10	Tubo 1/2" x 6 mts pvc 315	Molde pequeño
20	Tubo 2" x 6 mts pvc 160	Molde pequeño
30	Tubo 4" x 6 mts pvc 160	Molde pequeño
40	Tubo 3" x 6 mts pvc bap	Molde pequeño
50	Tubo 3" x 6 mts pvc 160	Molde pequeño
60	Tubo 6" x 6 mts pvc 160	Molde grande
	Molde grande	
	Molde pequeño	

Fuente: elaboración propia.

2.4.3. Análisis de materiales, equipos y herramientas utilizadas en cambio de moldes

En el procedimiento de montaje del molde se debe tener todas las herramientas, equipo y accesorios para realizar el montaje adecuadamente. Con esto se disminuye el tiempo de montaje y se aumenta las horas productivas de la máquina. En la siguiente tabla XII, se muestra un listado de equipo, herramientas y accesorios necesarios para el montaje y desmontaje de estos moldes.

Tabla XI. Estudio de tiempos y actividades en proceso de cambio de moldes

		Estudio de Tiempos y actividades en proceso de cambio de moldes					
Actividad		Tubo 1/2" x 6 mts pvc 315	Tubo 2" x 6 mts pvc 160	Tubo 4" x 6 mts pvc 160	Tubo 3" x 6 mts pvc bap	Tubo 3" x 6 mts pvc 160	Tubo 6" x 6 mts pvc 160
1	Verificar que el cabezal haya purgado correctamente	60	60	60	60	60	300
2	Verificar que las zonas de calentamiento y extrusora este apagada	60	90	180	120	120	180
3	Colocar grúa y polipasto en posición						30
4	Desatornillar resistencias, con llave Allen.	30	60	60	60	60	60
5	Quitar resistencia en dado del cabezal	10	10	10	10	10	10
6	Conectar manguera en la tomar de aire y conectar la pistola neumática	30	30	30	30	30	30
7	Retirar tornillos del anillo con pistola neumática (8 tornillos)	180	300	480	480	480	480
8	Quitar anillo del dado	20	20	30	20	20	30
9	Colocar argolla de levantamiento en el dado						30
10	Colocar polipasto en la argolla						60
11	Suspender dado con polipasto						300
12	Colocar llave Allen en tornillos de centrado (asiento del dado)	20	20	30	30	30	30
13	Retirar del asiento del dado con varillas de bronce (8 tornillos)	80	180	360	300	300	480
14	Retirar dado manualmente	60	90	180	90	90	
15	Extraer purgante del interior del cabezal con barrillas de bronce	40	90	210	120	120	
16	Retirar dado suspendido del cabezal con el polipasto (grúa)						60
17	Trasladar dado a carreta de piezas	30	30	60	30	30	60
18	Colocar el dado en la carreta	30	30	60	30	30	90
19	Retirar silicón y wipe de los pines de calentamiento (altas temperaturas)	90	120	120	120	120	240
20	Retirar tornillos de sujetari an (Varillas y ganchos de cadenas de eslabones - 6 tornillos)	30	90	90	90	90	120
21	Retirar pin de calentamiento						60
22	Colocar polipasto en posición del cabezal						30
23	Colocar pernos de sujecion en candela						30
24	Colocar eslinga en candela						180
25	Colocar adaptador y pistola neumática en tornillos de candela						15
26	retirar tornillos de la candela con pistola neumática (4 tornillos)						240
27	Quitar candela y colocarla en la carreta	60	120	120	120	120	
28	Suspender candela con polipasto						30
29	Retirar cables de calentamiento en la candela	30	30	30	30	30	15
30	Colocar candela en carreta de piezas						30
31	Retirar eslinga en candela						20
32	Colocar tornillos del restrictor	40	60	60	60	60	60
Total en Segundos		900	1430	2170	1800	1800	3300
Total en Minutos		15	23.83	36.17	30	30	55

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Herramientas y equipos utilizados en cambio de moldes**

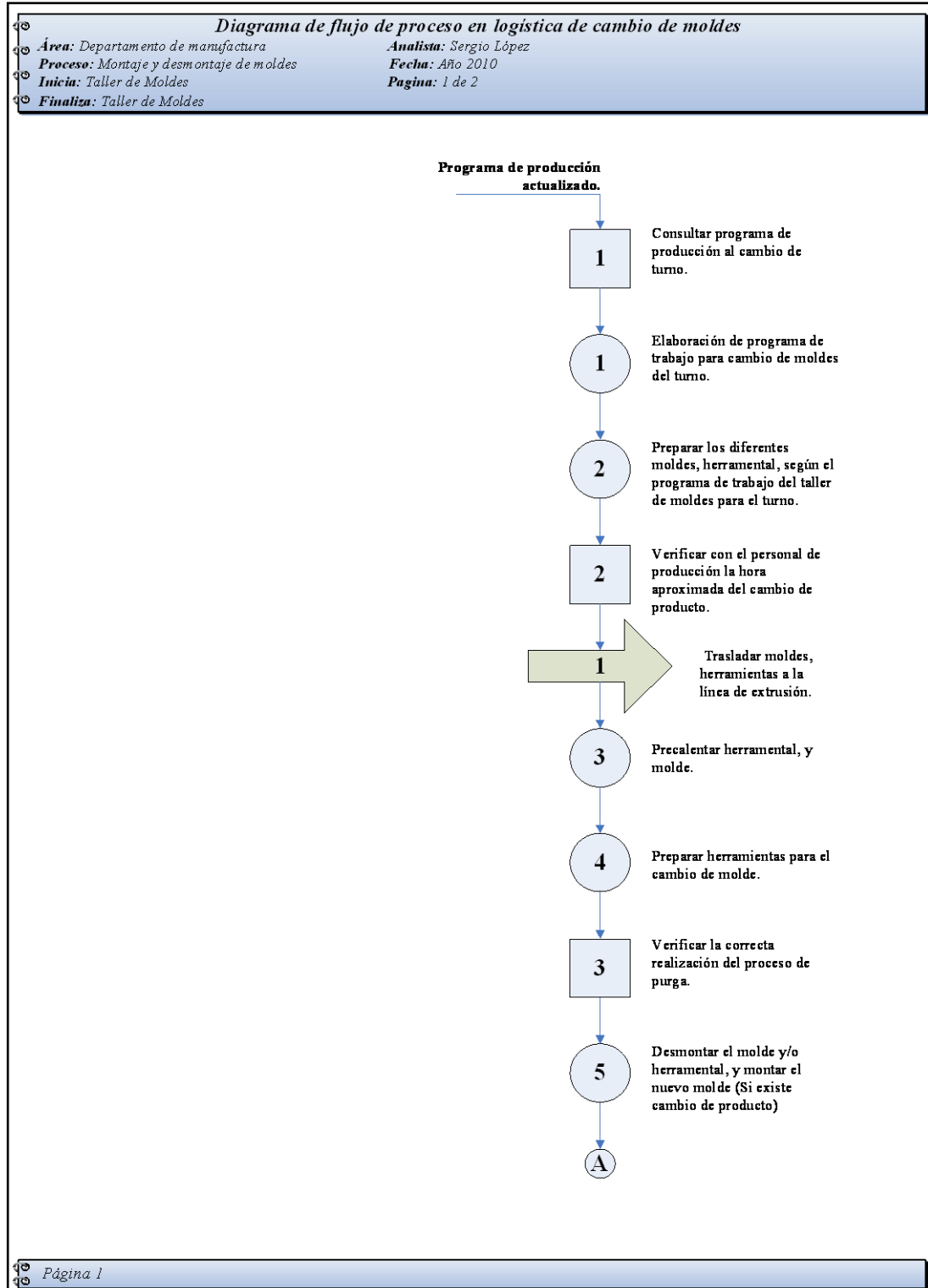
Material Utilizado	Uso
Caja de herramientas	Almacena la mayoría de herramientas, llaves, desatornilladores, cangrejos y argollas
Carreta de piezas y accesorios	Esta diseñada para transportar las piezas del molde que se montan y desmontan del cabezal, esta hecha de madera para evitar el daño en herramientas
Llaves hexagonales o Allen de 3/16", 1/8", 1/4", 1/2", 5/8" y 3/4"	Las llaves Allen son utilizadas para quitar los tornillos de resistencias, anillo, dado, asiento del dado, ganchos y eslabones, pines de calentamiento y candela
Manguera de aire	Conecta la pistola al sistema neumático
Pistola neumática	Auxiliar de las llaves Allen, utilizada mayormente para moldes.
Desatornilladores	Necesario para desmontar, la recámara que se une con el cabezal
Cangrejos 1 1/2"	Ayuda a dar un mejor torque en los tornillos pequeños
Varilla de bronce	Necesaria para dar torque en las piezas grandes.
Grasa	Ayuda a retirar los tornillos con facilidad
Lija	Limpiar superficies con grasa o sucias
Wipe	Sirve para limpiar una pieza y para los pines de recalentamiento
Argollas de levantamiento de distintos diámetros	Sirve para unir la pieza con la cadena sujeta por el polipasto, es mayormente utilizada en los moldes grandes
Polipastos mecánicos/hidráulicos	Sirve para suspender con seguridad piezas grandes
Cadenas	Une la pieza a transportar con el polipasto
Eslinga (capacidad mínima de 9,600 lbs.)	Cadena en forma de eslabón especial para levantar las candelas de tamaño grande, evita el daño en la pieza

Fuente: elaboración propia.

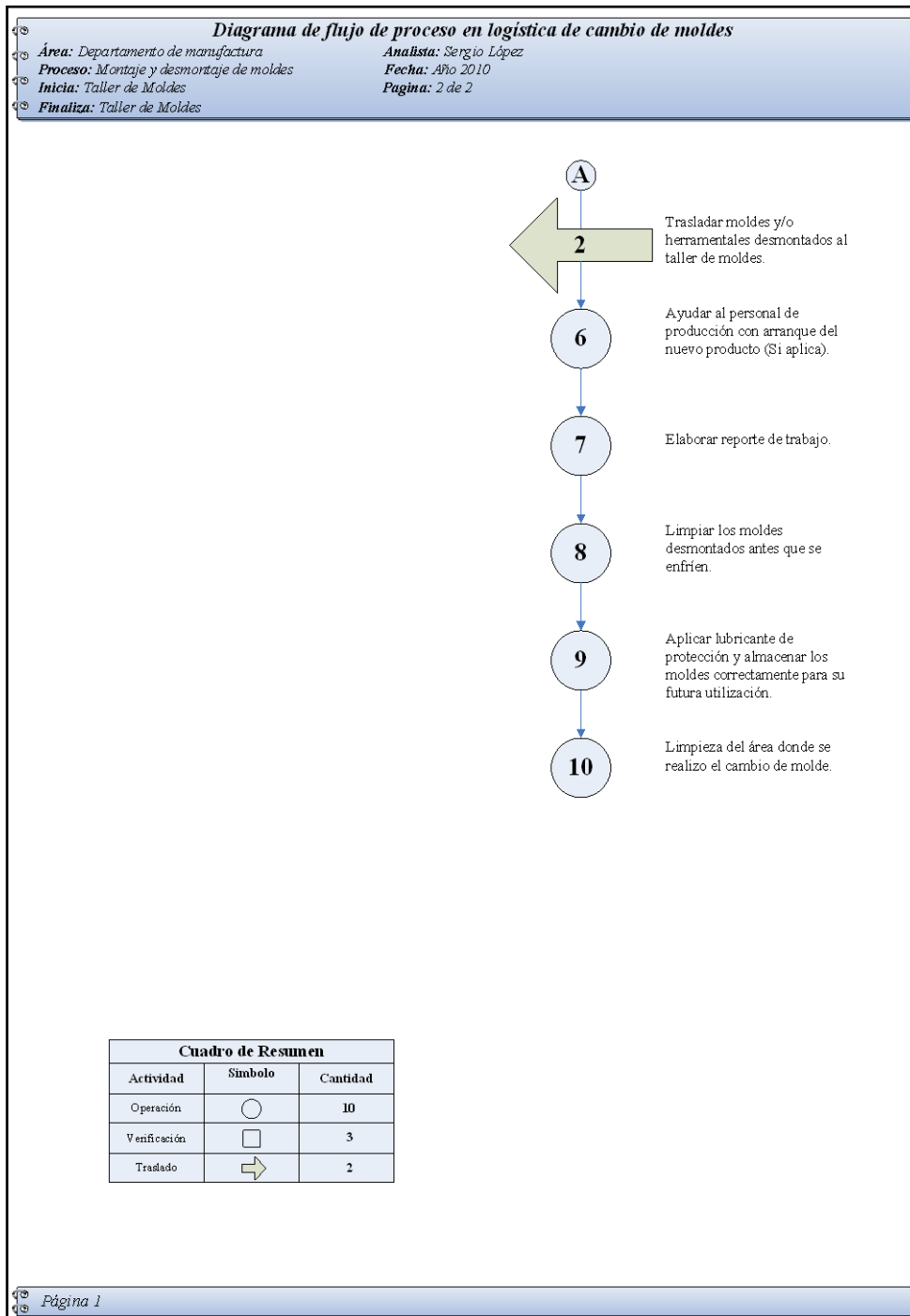
2.4.4. Logística de proceso de cambio de moldes

El cambio de moldes en los cabezales de extrusora necesita una logística previa al comienzo con el montaje o desmontaje de ellos; el estar seguros del producto a fabricar, la hora en que va comenzar a producir la extrusora, disponibilidad de materiales en bodega de taller de moldes contribuyen a prepararse previa y adecuadamente cada una de las tareas y sobre todo contribuye con realizarlo de una forma segura y eficiente.

Figura 14. Logística de proceso de cambio de moldes



Continúa Figura 14



Fuente: elaboración propia.

2.5. Revisión de accesorios y repuestos necesarios en programa de mantenimiento

El mantenimiento adecuado para el cabezal en una extrusora garantiza el cumplimiento del programa de producción y le brinda mayor tiempo de vida útil a los elementos que la integran. La tarea se ejecuta por técnicos especialistas dentro del departamento de taller de moldes; para poder programar adecuadamente un mantenimiento preventivo y predictivo, es necesario analizar cada una de las tendencias de problemas y las herramientas necesarias que se necesitan para poder solucionarlas.

2.5.1. Revisión de repuestos necesario en los moldes

Las siguientes tablas muestran la cantidad necesaria de accesorios (para moldes) con las que el departamento de taller de moldes debe contar para poder ejecutar exitosamente cada una de las actividades programadas. La información mostrada a continuación es únicamente para los 6 productos con mayor demanda en producción, durante 1 mes de corrida ininterrumpida; la tabla XIV muestra en unidades la cantidad de dados y pines necesarios a utilizar en las 4 líneas de extrusión.

Tabla XIII. Código de molde según su tamaño y tipo de producción

Código	Descripción	Tipo de Molde	Código de Molde
10	Tubo 1/2" x 6 mts pvc 315	Molde pequeño	RK1.5
20	Tubo 2" x 6 mts pvc 160	Molde pequeño	RK1.5
30	Tubo 4" x 6 mts pvc 160	Molde pequeño	RK3
40	Tubo 3" x 6 mts pvc BAP	Molde pequeño	RK2
50	Tubo 3" x 6 mts pvc 160	Molde pequeño	RK2
60	Tubo 6" x 6 mts pvc 160	Molde grande	RK4

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Cantidad necesaria de accesorios en moldes por tipo de cabezal**

Tipo de Cabezal	Producto (Plg)	Dado			Pin			GAP (mm)	Producto		
		Unidad	Diám	Longi	Unidad	Diám	Longi		Espesor (mm)		Diám prom (Plg)
			mm	cm		mm	cm		Maz	Min	
RK1.5	Tubo 1/2" x 6 mts pvc 31	4	19.38	15	4	16.6	27.4	1.39	1.61	1.65	0.84
RK1.5	Tubo 2" x 6 mts pvc 160	3	57.77	--	3	55.3	27.2	1.235	1.51	1.55	2.375
RK3	Tubo 4" x 6 mts pvc 160	1	112.19	21.2	1	104.84	29	3.675	4.48	4.59	4.5
RK2	Tubo 3" x 6 mts pvc BAE	1	86.22	--	1	84.4	29	0.91	1.42	1.45	3.5
RK2	Tubo 3" x 6 mts pvc 160	3	86.55	20.50	3	80.97	31.80	2.79	3.5	3.58	3.500
RK4	Tubo 6" x 6 mts pvc 160	2	168.33	--	2	156.25	50	6.04	6.61	6.77	6.625

Fuente: elaboración propia.

Adicional a las piezas que forma las medidas externas de la tubería, se cuentan con la siguiente cantidad de piezas por cabezal.

Tabla XV. **Stock de accesorios necesarios por tipo de cabezal**

Piezas	Cantidades			
	RK1. 5	R K2	R K3	R K4
Olla	9	7	4	2
Cono	9	7	4	2
Araña	9	7	4	2
Candela	9	7	4	2
Housing	9	7	4	2
Anillo	9	7	4	2
Tornillo de Centrado	9	7	4	2

Fuente: elaboración propia.

2.5.2. Contabilización de accesorios necesarios en bodega de taller de moldes

La siguiente tabla muestra el detalle del mínimo de accesorios con la que debe contar la bodega de taller de moldes en *stock*; esto garantiza que al

momento de realizar la actividad del cambio de moldes y mantenimiento preventivo de los cabezales no surja ningún contratiempo por no contar con los accesorios necesarios; la cantidad de accesorios son el equivalente a un mes de producción con una corrida equivalente a 1 400,00 toneladas de resina, para 6 tipos de tuberías específicas.

Tabla XVI. **Accesorios y herramientas necesarias en bodega de taller de moldes**

Texto	Total
Tornillo 5/8 * 2 1/2 Allen u	40
Tornillo 1/4 X 3/4 Allen	20
Aflojador Tornillo spray	16
Tornillo 1/4 * 3 Allen u	16
Ez-free-ae (grasa aerosol)	14
Bateria AAA & alcalina AAA	12
Lija #220 de agua	11
Remache pop 3/16 x 3/4	10
Washa de presión 3/16	10
Tornillo 7/16 * 1 Allen	9
Wipe fino (kilo)	9
Tornillo 3/4 * 3 Allen u	8
Tornillo 8 * 16 MM hexagonalgonal	8
Tornillo 8 *50 MM hexagonalgonal	8
Tornillo.cab.redonda cast.12*1	8
Lija #320 de agua	7
roldana plana 3/16	7
Cinta 48*100	6
Niple 3/8*3 galvanizado	6
Tornillo 8*20 Allen u	6
Sierra T111C Bosch para caladora	5
Tornillo Allen 1/2 X 4 u	5
Washa de presión 5/16	5
Abrazadera de presión 1 1/4"	4
Abrazadera para manguera de 3/8	4
Roldana plana 5/16	4
Roldana plana 5/8	4
Tornillo 1/2*3 Allen	4
Tornillo 1/4 * 1 hexagonal u	4

Continúa Tabla XVI

Texto	Total
Tornillo 1/4 * 1/2 hexagonal juego	4
Tornillo 1/4 * 2 1/2 Allen u	4
Tornillo 3/8 * 1 hexagonal	4
Tornillo 3/8 * 1.1/2 hexagonal	4
Tornillo 5/16 * 1 hexagonal u	4
Tornillo.cab.redonda cast.14*2	4
Tornillo.cab.redonda cast.14*3/4	4
Tornillo M-16x50 hexagonal .gra.10.9	4
Tubo espiral fluorescente 20Wx120V	4
Tuerca 5/16	4
Washa de presión 5/8	4
Lija #100 de agua	3
Lija esmeril grano No. 150	3
Llave 3/8 tipo Allen	3
Sierra acero/plata	3
Sierra T-244 D	3
Sierra T345XF Bosch para caladora	3
Silicón rojo 3 onzas Permatex alta temperatura	3
Silicón transparente 3 onzas	3
Acople rápido de 1/4 completo	2
Lija #80 de agua	2
Lija de Agua grano 240	2
Llave 3/4 tipo Allen	2
Llave Allen 5/16	2
Broca para hierro 1/16	1
Brocha 2	1
Pistola neumática CP734H	1

Fuente: elaboración propia.

Adicional a la cantidad de accesorios necesarios para cambio de moldes, se debe contar con *kits* y/o accesorios correspondientes a la seguridad industrial y ocupacional de los mecánicos y jefe de taller de moldes; la cantidad necesaria para un mes se lista a continuación.

Tabla XVII. **Accesorios y herramientas de seguridad a utilizar**

Texto	Tot al
Gabacha de cuero	1
Gabacha/carnaza/solda.Livian	1
Gafas protectoras. TK110AF	2
Guan.piel.de cerdo.larg.3400M	2
Guante nitrilo flocado	2
Guante para altas temperaturas	10
Guante quirúrgico (Ciento)	1
Guante.doble.palma.1230DP	8
Mascarilla para gases N95 8512	1
Mascarilla para polvo	1
Mascarilla vapores orgánicos	1
Pantalla para careta	1
Tapones aud. reusables c/pita	7
Tapones auditivos des con pita	5
Tapones auditivos des sin pita	1
Traje blanco Tyvek	1

Fuente: elaboración propia.

2.6. Evaluación de pérdida de materiales e indicadores

Los indicadores de eficiencia aseguran la rentabilidad económica del proceso de extrusión, la calidad del producto terminado y la salud ocupacional de las personas involucradas directamente con él, todo esto de acuerdo a procesos amigables al medio ambiente.

2.6.1. Revisión indicadores de eficiencias

Existen tres grupos de indicadores: los productivos, los de seguridad y los de medio ambiente; cada uno de ellos garantiza la rentabilidad y eficiencia del proceso de extrusión de tuberías de PVC, es necesario medir eficientemente

cada uno de ellos, para esto se debe de tomar en cuenta los factores internos y externos que los afectan.

2.6.2. Indicadores de *scrap*

Scrap es una palabra en ingles que significa desperdicio; sin embargo para efectos o términos de extrusión *scrap* es todo aquel material virgen (resina de PVC) que por diferentes motivos no pudo llegar a ser transformado en producto terminado (tubería de PVC). Esta resina plastificada puede llegar a ser reprocesada.

2.6.2.1. Contabilización de *scrap* generado en las líneas de extrusión mensual

Para efectos prácticos, la contabilización del *scrap* parte de un sencillo análisis, es la relación de la cantidad de material virgen que se metió en la tolva de la extrusora con respecto a la que no fue transformada correctamente en tubería; ésta se mide en kilos y debe ser reportada directamente por el departamento de producción (ver ficha de control, reporte de producción inciso 2.3.4).

2.6.2.2. Revisión de porcentajes de *scrap* generado

El porcentaje de *scrap* debe ser medido diariamente, esto se debe hacer de acuerdo a la información por turno y por tipo de extrusora con respecto a la producción de un día anterior, la fórmula para medir éste porcentaje es la siguiente.

$$\% \text{ scrap generado} = \left(\frac{\text{kilos de scrap}}{\text{kilos de producción real}} \right) * 100\%$$

2.6.2.3. Verificación de factores y porcentajes permisibles de scrap

El *scrap* generado forma parte del proceso normal de la producción de tuberías, esto debido a que cuando una máquina arranca es necesario calibrar temperaturas, dimensiones, velocidades y funcionamientos; durante todo el tiempo la resina ingresada a la extrusora se pierde, a la pérdida de materia se le conoce como *scrap* generado por *set up*.

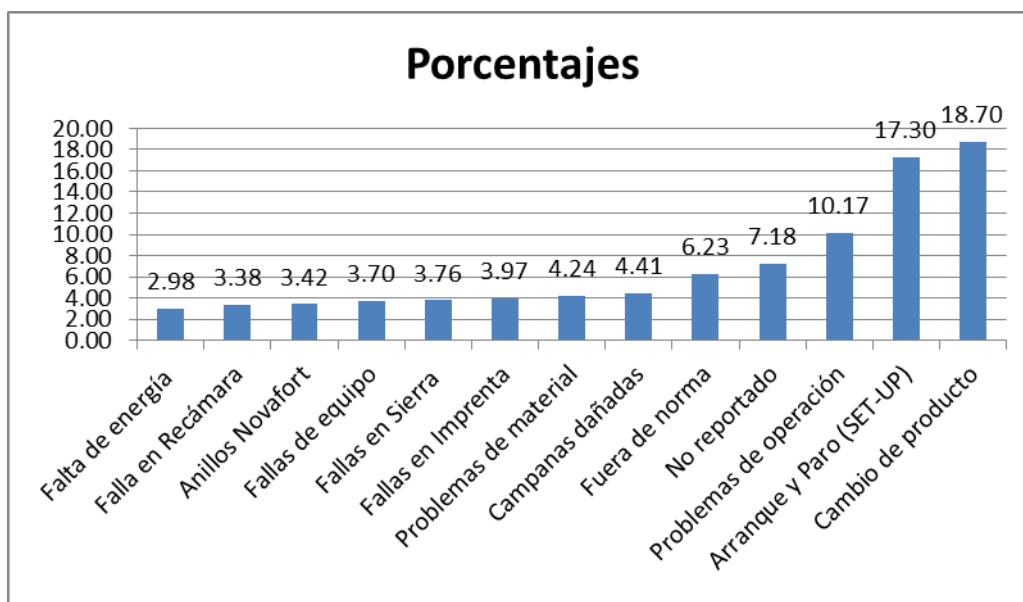
Tabla XVIII. Principales causa de *scrap* generado

Causas de Scrap	Kilos SCRAP	Porcentajes SCRAP	Porcentajes de Participación
Mantenimiento de moldes	49.84	0.0035603%	0.06%
Virutas	50.85	0.0036323%	0.06%
Fallas en Extrusora	252.50	0.0180354%	0.29%
Falla en Dosificador	368.30	0.0263069%	0.42%
No específica	419.40	0.0299571%	0.48%
Tubos Dañados	495.17	0.0353695%	0.57%
Falla en Molde	512.04	0.0365743%	0.59%
Desarrollo	638.16	0.0455830%	0.74%
Apariencia	1,369.97	0.0978551%	1.58%
Mediciones Operador	1,488.92	0.1063514%	1.72%
Mediciones Laboratorio	1,506.92	0.1076370%	1.74%
Fallas en Jalador	2,015.69	0.1439776%	2.32%
Falta de energía	2,587.39	0.1848135%	2.98%
Falla en Recámara	2,931.14	0.2093672%	3.38%
Anillos Novafort	2,966.76	0.2119116%	3.42%
Fallas de equipo	3,207.68	0.2291198%	3.70%
Fallas en Sierra	3,265.83	0.2332735%	3.76%
Fallas en Imprenta	3,442.61	0.2459010%	3.97%
Problemas de material	3,681.70	0.2629789%	4.24%
Campanas dañadas	3,824.25	0.2731609%	4.41%
Fuera de norma	5,404.37	0.3860261%	6.23%
No reportado	6,235.99	0.4454279%	7.18%
Problemas de operación	8,830.68	0.6307628%	10.17%
Arranque y Paro (SET-UP)	15,019.09	1.0727922%	17.30%
Cambio de producto	16,234.75	1.1596247%	18.70%
Total de Scrap	86,800.00	6.20%	100.00%

Fuente: elaboración propia.

Sin embargo existen procesos que afectan el porcentaje de *scrap* como fallos mecánicos, cortes de luz, piezas en mal estado, dosificación o formulaciones incorrectas de materiales, etc. Es aquí donde es importante la creación de indicadores que muestren si el proceso está controlado o no. Las causas de *scrap* generado durante un mes de producción para una corrida de producción de 1 400,00 toneladas de resina se muestran en la tabla XVIII.

Figura 15. **Gráfica de porcentaje de participación de las principales causas de *scrap***



Fuente: elaboración propia.

2.6.3. Indicadores de sobrepeso

Las producciones de tuberías de PVC deben estar regidas de acuerdo a las normas *ASTM D-2241*, éstas indican cada una de las dimensiones mínimas permisibles con las que las tuberías deben contar; espesor, ovulación, excentricidad, diámetro y densidad de la formula; el indicador de sobrepeso básicamente muestra dos cosas, la primera es medir el peso real de cada tubo producido contra el peso teórico establecido en la normas; lo segundo es

contabilizar la cantidad de productos sobre girados al momento de la producción.

2.6.3.1. Contabilización de sobrepeso generado en las líneas de extrusión mensual

El registro de sobrepeso generado en el proceso de extrusión es detallado de la misma manera que el *scrap* generado; esto sirve para poder llegar a determinar la cantidad de porcentaje de materia prima que se sobregiró, para el cálculo es necesario realizarlo de la siguiente manera.

$$\% \text{ sobrepeso} = \left(\frac{\text{kilos de producción real} - \text{kilos de producción teórico}}{\text{kilos de producción teórico}} \right) * 100\%$$

El llegar a determinar los porcentajes ideales, contribuye en gran medida en poder ahorrar costos por sobreproducción.

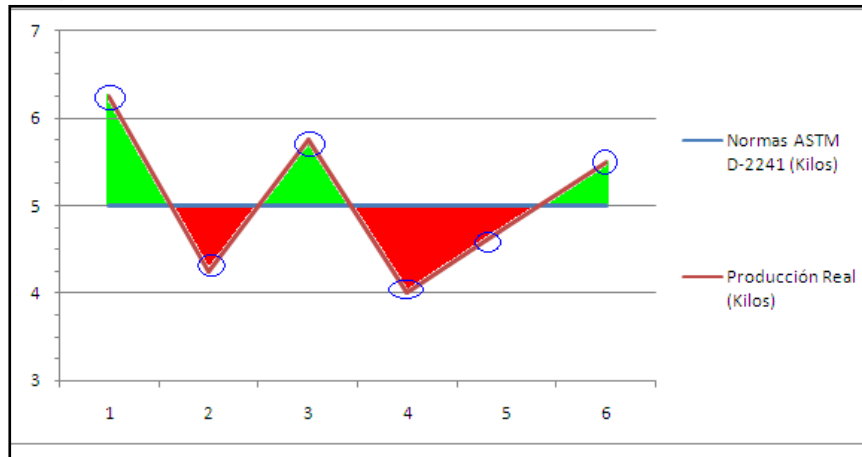
Tabla XIX. **Porcentajes de sobrepeso generado durante un mes de producción**

Código	Descripción	% participación	Peso teórico x tubo (kilos)	Peso real (kilos) x tubo	% de sobrepeso
10	Tubo 1/2" x 6 mts PVC 315	29.00%	0.888	0.912	2.75%
20	Tubo 2" x 6 mts PVC 160	21.00%	3.630	3.746	3.20%
30	Tubo 4" x 6 mts PVC 160	16.00%	13.795	14.278	3.50%
40	Tubo 3" x 6 mts PVC bap	13.50%	3.572	3.652	2.25%
50	Tubo 3" x 6 mts PVC 160	11.00%	8.363	8.488	1.50%
60	Tubo 6" x 6 mts PVC 160	9.50%	28.307	28.907	2.12%
Total		100.00%			2.55%

Fuente: elaboración propia.

A continuación se detalla un ejemplo de sobrepeso en una *batch* de producción

Figura 16. **Gráfica de control, indicador de sobrepeso**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Ejemplo de control de sobrepeso**

Producto (código)	Normas ASTM D-2241 (kilos)	Producción real (kilos)	Condición
10	0.888	0.95	Controlada
20	3.85	3.8	Rechazada
30	13.795	14	Controlada
40	3.572	3.4	Rechazada
50	8.363	8.35	Rechazada
60	28.307	28.5	Controlada

Fuente: elaboración propia.

El porcentaje de color verde representa los productos que cumplen con la norma mínima de aceptación (código 10, 30 y 60) pero a su vez también representa la cantidad de material en excedencia que se incluyen en la tubería, caso contrario el color rojo representa los productos que están bajo tolerancia (código 20, 40 y 50) según las normas ASTM D-2241.

2.6.4. Indicadores de paros

La cantidad total de paros durante un periodo específico muestra que tan eficiente fue una corrida de producción ya que durante ese tiempo las extrusoras dejan de producir tuberías, impactando directamente al costo total de producción; existen tiempos normales de paros como lo son por *set up*, falta de programa, mantenimiento preventivo; adicional a esto existen razones que deben mitigarse como paros por mantenimiento correctivo, por falta de materia prima, o por cambio incorrecto de cabezales; de aquí la importancia de medir correctamente cada uno de estos tiempos para hacer más eficiente todo el proceso de producción; el porcentaje total de paro se mide la siguiente manera.

$$\% \text{ de paros} = \left(\frac{\text{cantidad de horas paradas}}{\text{cantidad de horas marcha fabrica}} \right) * 100\%$$

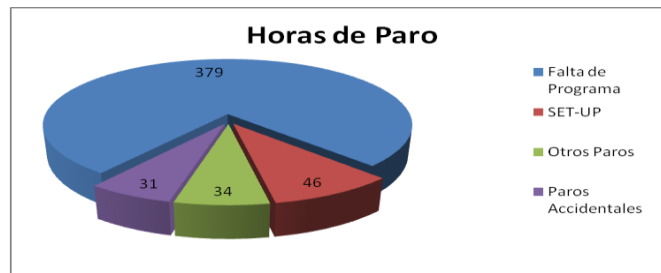
La cantidad de horas de paro durante un mes de producción equivalentes a 1 300,00 horas de marcha fabrica, representan el 35% de paros, que se detallan por tipo de de ocurrencia como se muestra a continuación.

Tabla XXI. **Causas principales de paros**

Tipo de paro	Horas de paro	% de participación
Falta de programa	352	77.37%
Paros accidentales	29	6.39%
<i>Set up</i>	42	9.29%
Otros paros	32	6.95%
Total de horas de Paro	455	100.00%

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Gráfica de paros en producción**



Fuente: elaboración propia.

2.6.5. Indicadores de rendimientos

El indicador de rendimiento muestra la eficiencia que tuvo la extrusora al producir, si se conto con la velocidad adecuada para llegar a cumplir con el pedido dentro de los tiempos estándares; el rendimiento promedio que el fabricante indica es de 400 kilos/hora. Esto es un dato muy variable que depende tanto del producto a fabricar como del conjunto de productos que se elaboran en todas las extrusoras, el indicador muestra si es lo suficientemente rentable o si existe un buen uso de operación; este dato se obtiene de la siguiente forma.

$$\text{Rendimiento} = \sum \left(\frac{\text{Total de kilos producidos por día}}{\text{Total de horas empleadas en producción}} \right) * 100\%$$

2.6.6. Accidentalidades

Éste indicador está relacionado con todo el personal que se involucra directamente con la producción de tuberías de PVC; ésta debe medirse en cantidad de días y por la severidad del accidente, al documentar estos casos es necesario formar equipos de investigación que ayuden a mitigar las causa raíz

del incidente; llamaremos por accidente a toda aquella lesión que genera un día o mas de incapacidad, a todo lo demás se debe tratar como un incidente.

$$\text{Accidentalidades} = \sum \left(\frac{\text{Cantidad de días con accidentes}}{\text{Cantidad total de horas trabajadas por todo el personal}} \right) * (365 * \text{Cantidad total de trabajadores}) * 100\%$$

$$\text{Severidad} = \sum \left(\frac{\text{Cantidad de días de suspensión}}{\text{Cantidad total de horas trabajadas por todo el personal}} \right) * (365 * \text{Cantidad total de trabajadores}) * 100\%$$

2.6.7. Sistemas de gestión

El proceso de extrusión es muy eficiente en medida a todo el desperdicio de materiales, algunos son aprovechables como el *scrap*, agua de proceso, aire comprimido, etc. y existen otros que no pueden llegar a reprocesarse, éstos últimos deben poder reciclarse ó venderse adecuadamente; el sistema de gestión es el ultimo indicador que muestra que tan amigable es el proceso respecto al medio ambiente, éste controla la cantidad de kw/horas que consume durante todo un mes, cantidad de agua consumida, el porcentaje de desperdicios que se reprocesaron (vidrio, cartón, cintas), y los que se vendieron.

3. PROPUESTA, MODELO A IMPLANTAR

3.1. Estudio de mantenimiento preventivo

El mantenimiento adecuado de los cabezales y moldes de la extrusora, garantiza el cumplimiento del programa producción y le brinda mayor tiempo de vida útil a los elementos que la integran; va dirigido a prever y asegurar el funcionamiento normal, la eficiencia y la buena apariencia de los mismos.

Por otra parte, el mantenimiento preventivo permite detectar fallos repetitivos, disminuir los puntos muertos por paradas, aumentar la vida útil de equipos, disminuir costos de reparaciones, detectar puntos débiles en la instalación entre una larga lista de ventajas; en general se ocupa en la determinación de condiciones operativas, de durabilidad y de confiabilidad de un equipo en mención, este tipo de mantenimiento ayuda a reducir los tiempos que pueden generarse por mantenimiento correctivo.

3.1.1. Determinación de fallas principales en las piezas

La tabla XXII muestra el total de fallas ocurridas en los cabezales y moldes registrados durante un año de corrida de producción.

La razón principal de fallas fue por corrosión en las piezas y por piezas dañadas, posteriormente se analizará las formas de mitigar cada una de las fallas; adicional se puede mencionar que las piezas mayormente afectadas fueron el *housing*, candela y dado, esto debido a que son partes que tienen mayor contacto con la resina y están sometidas a altas temperaturas.

Tabla XXII. Fallas principales en las piezas de cabezales

Pieza	Corrosión	Cromo dañado (golpe)	Daño en pieza	Desgaste de Pieza	Desgaste de Rosca	Dimensión incorrecta	Pieza dañada severamente	Pieza en mal estado	Total	% Fallas
Cono							1		1	0.86%
Anillo							2		2	1.72%
Calibrador		1					3		4	3.45%
Pin de Calentamiento			1				2	1	4	3.45%
Tornillos Base							4	1	5	4.31%
Olla		2	1	2			3		8	6.90%
Araña	4			1	5				10	8.62%
Housing	4		1			6	4	1	16	13.79%
Candela	7	2	1		4	3	5		22	18.97%
Dado	19	4	3	3	2	1	10	2	44	37.93%
Total general	34	9	7	6	11	10	34	5	116	100.00%

Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Causas de fallas principales en las piezas

La tabla XXIII, muestra la causas principales por las que una pieza o accesorio falla; el porcentaje de participación muestra la mayores severidades en las fallas, se tiene principalmente dos tipos de fallas. La corrosión es la primera falla de extrusión, se da debido al constante manejo de temperaturas elevadas, este tipo de falla no se puede llegar a reducir significativamente; por otra parte las piezas dañadas severamente que es la segunda causa principal, se da principalmente por el poco mantenimiento preventivo y por el mal manejo de la pieza.

3.1.3. Determinación de cantidad de horas de trabajo de moldes

La determinación de horas trabajadas en un periodo o corrida de producción específica es de suma importancia en el análisis de tendencias y frecuencias.

Tabla XXIII. **Causas de las principales fallas en piezas**

Fallas principales	% Participación	Causas Principales
Pieza en mal estado	4.31%	Falta de mantenimiento en piezas, degradación normal de material, incorrecto cambio de moldes en los accesorios (Provoca el fallo o rompimiento en piezas menores).
Desgaste de Pieza	5.17%	Sucede principalmente en las caras de las piezas (Olla, dado, araña) esto se debe al proceso normal de fricción entre las piezas, y ajuste incorrecto de las mismas que provoca el juego incorrecto entre ellas.
Daño en pieza	6.03%	Mantenimiento correctivo e instalación de piezas incorrectas, falta de procedimientos en trato de piezas y herramientas (Lastiman severamente), instalación incorrecta (dimensiones) de materiales.
Cromo dañado (golpe)	7.76%	Se da en el momento de desmontaje de las piezas, se utilizan herramental incorrecto que provoca fisuras menores y abolladuras en las piezas; y por el incorrecto manejo de piezas al momento de instalación (no se utilizan polipastos y se deja caer accidentalmente las piezas).
Dimensión incorrecta	8.62%	Únicamente se da en las roscas y en las candelas, al momento de instalar el juego completo de molde se utilizan medidas incorrectas de las mismas; estas provocan que las roscas de las piezas se dañen.
Desgaste de Rosca	9.48%	Las roscas en las piezas permiten el sello en las mismas, el cambio constante desgasta las roscas de las piezas, el incorrecto montaje y desmontaje con herramientas inadecuadas.
Corrosión	29.31%	Se da principalmente por las altas temperaturas a la que la pieza se somete constantemente (>300 grados); filtración incorrecta de oxígeno.
Pieza dañada severamente	29.31%	Falta de mantenimiento en piezas; y finalización de tiempo útil de las mismas.

Fuente: elaboración propia.

Las horas trabajadas son utilizadas en un mantenimiento preventivo debido a que da una idea de la cantidad de horas esperadas en una corrida de producción. Con base en la información se puede llegar a tomar criterios, e indicadores de eficiencias y mantenimientos preventivos programados.

Tabla XXIV. **Cantidad de horas molde trabajadas**

Código	Descripción	Cantidad de Tubo x Hora	Extrusora	Tubos por año	Horas Molde Trabajadas por Año
10	Tubo 1/2" x 6 mts pvc 315	186	Línea 7	1,020,000	5,484
20	Tubo 2" x 6 mts pvc 160	69	Línea 6	180,000	2,609
30	Tubo 4" x 6 mts pvc 160	29	Línea 4	34,800	1,200
40	Tubo 3" x 6 mts pvc BAP	70	Línea 6	48,000	686
50	Tubo 3" x 6 mts pvc 160	48	Línea 4	30,000	625
60	Tubo 6" x 6 mts pvc 160	21	Línea 8	6,000	286

Fuente: elaboración propia.

3.1.4. **Determinación de horas trabajadas por el molde en el momento de la falla registrada**

La siguiente tabla muestra la cantidad de horas marcha fábrica en las cuales las piezas trabajaron bajo condiciones severas, previas a sufrir la falla específica; este análisis servirá para poder pronosticar tendencias y tiempos de falla, para posteriormente poder realizarse un mantenimiento preventivo puntal a la pieza específica.

Tabla XXV. **Horas cabezal trabajadas en momento de fallas**

Falla		Cabezal			
Pieza	Tipo de Falla	RK1.5	RK2	RK3	RK4
Anillo	Pieza dañada severamente				167
Araña	Corrosión	2,023	655	1,100	
	Desgaste de Pieza	4,046			
	Desgaste de Rosca	1,349			
Calibrador	Cromo dañado (golpe)			100	
	Pieza dañada severamente	2,698	1,092	1,000	
Candela	Corrosión	4,046	218		
	Cromo dañado (golpe)	3,372		800	
	Daño en pieza		983		
	Desgaste de Rosca	4,046			
	Dimensión incorrecta		1,311	700	
	Pieza dañada severamente	1,349		400	
Cono	Pieza dañada severamente	6,744			

Continúa Tabla XXV

Falla		Cabezal			
Pieza	Tipo de Falla	RK1.5	RK2	RK3	RK4
Dado	Corrosión	1,349	218	400	
	Cromo dañado (golpe)	4,046	218		
	Daño en pieza	3,372	546		
	Desgaste de Pieza	2,023	328	300	
	Desgaste de Rosca	2,023			
	Dimensión incorrecta		983		
	Pieza dañada severamente	4,721	328	700	
	Pieza en mal estado			400	
Olla	Cromo dañado (golpe)	6,069	1,201		
	Daño en pieza	4,046			
	Desgaste de Pieza		765		143
	Pieza dañada severamente	1,349			
Pin de Calentamiento	Daño en pieza	2,698			
	Pieza dañada severamente	4,046			
	Pieza en mal estado		874		
Tornillos Base	Pieza dañada severamente	4,046	437		167
	Pieza en mal estado	2,023			
Housing	Corrosión,	6,069	546		
	Daño en pieza	6,744			
	Dimensión incorrecta	4,046	655		
	Pieza dañada severamente	6,744	874	600	24
	Pieza en mal estado		1,092		

Fuente: elaboración propia.

3.1.5. Mantenimiento de fallas principales en las piezas

La tabla XXVI, muestra el tipo de mantenimiento necesario a realizar para poder mitigar cada una de las fallas de una manera adecuada.

Tabla XXVI. **Mantenimientos según tipo de falla**

Tipo de Falla	Tipo de mantenimiento
Corrosión	Cromado
Cromo dañado (golpe)	Cromado
Daño en pieza	Reconstrucción
Desgaste de pieza	Rectificación
Desgaste de rosca	Reconstrucción
Dimensión incorrecta	Modificación
Pieza dañada severamente	Sustitución
Pieza en mal estado	Reparación

Fuente: elaboración propia.

3.2. Determinación de medidas de seguridad industriales y ocupacionales necesarios en el proceso

Las normas de seguridad garantizan que un procedimiento se está realizando de una manera segura y correcta; éstas garantizan la seguridad del personal así como también la estandarización de procesos no productivos como lo son las medidas de seguridad industrial y ocupacional.

Como parte fundamental del programa de mantenimiento y cambio de moldes en cabezales de extrusoras, es necesario contar con procedimientos seguros de trabajo; en el que se indiquen todos los pasos, herramientas, protecciones personales y formas de manejo de piezas que debe de seguir todo el personal de taller de moldes; para poder llegar a realizar correctamente las normas y procedimientos, es necesario conocer previamente cada uno de los escenarios que puedan atentar contra la seguridad al personal y saber la manera más eficaz para poder llegar a mitigarla.

3.2.1. Verificación de normas de seguridad

Previo a los procesos y actividades del personal de taller de moldes es necesario valorar las condiciones y actos inseguros que pueden generar un incidente dentro del departamento, el análisis de condiciones inseguras es de suma importancia ya que dará origen a todas las practicas seguras, medidas de mitigación y equipo de seguridad necesario para poderlas validar, todo esto con el fin de asegurar el bienestar de todo el personal de taller de molde.

3.2.1.1. Equipo de seguridad necesario previo a ejecución de procesos

La tabla XXVII, muestra los accesorios con las que todo el personal debe contar al momento de ejecutar la siguientes actividades: cambio de moldes y cabezales pequeños y grandes, traslado de herramientas y piezas a las extrusoras, precalentamientos de moldes, limpieza y purgas de cabezales y finalmente en el momento de ejecutar todo el mantenimiento preventivo según lo programado por el jefe de taller de moldes.

Tabla XXVII. **Check list de equipo mínimo de seguridad previo a ejecución de actividad**

Equipo de Seguridad Personal
Cinturón lumbar
Botas con punta de metálica
Guantes de cuero para altas temperaturas
Monogafas
Mascarilla full FACE
Tapones auditivos
Gabacha de Cuero
Casco
Camisa manga larga
Cinturón lumbar

Fuente: elaboración propia.

3.2.1.2. Condiciones y trabajos inseguros

El análisis de las condiciones y actos inseguros básicamente se resumen en siete tipos de riesgos, éstos incluyen el posible origen de los mismos; la sensibilidad de muchas actividades se mide de acuerdo al grado de peligrosidad en contra del personal involucrado y como lo puede llegar afectar; adicional a esto se puede determinar que un mismo tipo de actividades puede llegar a incluir más de un riesgo simultáneamente.

Tabla XXVIII. Riesgos potenciales al ejecutar actividades

Riesgo	Actividades
Quemadura con piezas metálicas	Verificación de purgas, proceso de cambios de montaje y desmontajes de piezas, al colocar las piezas en la carreta metálica, al precalentar moldes, al limpiarlo los cabezales y moldes, al conectar resistencias.
Electrocución	Verificación de funcionamiento de Extrusora.
Lumbago, desgarre muscular	Al colocar moldes en cabezales, al cambiar los cabezales pequeños (RK1.5, RK2 & RK3), al levantar unidades hidráulicas, al acoplar piezas, al colocar las piezas en la carreta metálica, al extraer el purgante.
Caída	Al colocar en posición las piezas y accesorios en los moldes, al sujetar incorrectamente la pistola neumática (presión excesiva), al buscar herramental en estanterías de taller de moldes, al colocar polipastos, al traslado de la carreta metálica, al limpiar los moldes, al barrer los residuos de purgante
Prenson	Al manipular piezas metálicas pesadas y colocarlas en los moldes.
Caídas de herramental pesado	Al trasladar el herramental en la carreta metálica,
Emanación de vapores nocivos en las piezas	Al momento de realizar los chequeos de funcionamiento de moldes.

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Determinación de medidas de seguridad necesarios en el proceso

A continuación en la tabla XXIX se observa el análisis de situaciones con posibles riesgos durante la ejecución de trabajos en cabezales de moldes, las medidas de mitigación y las herramientas necesarias en las mismas.

Tabla XXIX. **Medidas de seguridad para mitigación de posibles riesgos**

No.	Riesgo	Regla y practicas seguras	Herramientas
1	Quemadura con piezas metálicas	Utilizar el epp establecido	Camisa manga larga y/o mangas de cuero, guantes.
2	Electrocución	Desconectar adecuadamente el cabezal a trabajar	Guantes aislantes
3	Lumbago, desgarre muscular	Utilizar el epp establecido	Cinturón lumbar
4	Caída	Utilizar el epp establecido, alejarse de la pieza lo antes posible	Botas punta de acero, cintas antideslizantes, casco y tapones
5	Prenson	Utilizar el epp establecido.	Guantes, casco
6	Caídas de herramental pesado	Manipular el herramental cuidadosamente	Polipastos, cadenas, carreta transportadora
7	Emanación de vapores nocivos en las piezas	Utilizar el epp establecido	Utilizar mascarillas adecuadas (N95 8512)

Fuente: elaboración propia.

4. IMPLANTACIÓN, MODIFICACIÓN

4.1. Estandarización en procesos en el departamento de moldes

Al haber identificado las actividades propias del personal de taller de moldes es importante contar con estudios necesarios de tiempos, materiales y programas que establezcan los objetivos de lo que debe llegar a realizarse; estandarizar todos los procesos con los que el departamento de taller de moldes debe cumplir implica incluir actividades de desarrollo y ejecución como lo son el de cambio de los moldes y mantenimientos a toda la maquinaria; logísticos, como lo son el poder contar y predecir el momento en que va desarrollar un cambio de producto con ayuda del programa de producción; El saber la cantidad optima de repuestos y accesorios con las que debe contar la bodega de accesorios

Y finalmente poder llegar a realizarlo de acuerdo a las normas establecidas que mantienen y aseguran las condiciones de seguridad de todo el personal.

4.1.1. Creación de formatos para la estandarización de procedimiento detallado en cambio de cabezales

La estandarización de procedimientos incluye básicamente los 4 procesos relacionados directamente con el cambio de moldes en los cabezales de extrusoras, éstos son: precalentamiento de los moldes previo a su funcionamiento, cambio de moldes que a su vez se dividen en moldes, pequeños (RK1.5, RK2.0 Y RK3.0) y moldes grandes (RK4.0), traslado de

moldes y finalmente limpieza adecuada de los moldes de acuerdo a un programa de mantenimiento preventivo.

4.1.1.1. Pre calentamiento de moldes

Para evitar sobrecalentamientos por *set up* al momento de arranque de una extrusora, es necesario calentar previamente los moldes de cabezales. A continuación se listan los pasos a seguir para realizarlo de una manera adecuada.

Figura 18. Instructivo para el pre calentamiento de molde

Código:	2.3.2 - I	Cambio de Moldes Procedimientos de Trabajo
Fecha de creación:	Sep-10	
Versión:	1.0	

Instructivo para pre calentamiento de moldes		
	Actividad	Riesgos
1	Colocar argollas y cadenas al herramental a levantar	5
2	Colocar el gancho al polipasto eléctrico	4
3	Levantar y llevar el herramental a la carreta para transportarlo	3, 4, 6
4	Colocar las resistencias adecuadas al herramental	5
5	Trasladar al lugar de pre calentamiento	4, 6
6	Conectar la resistencia y termocopla al herramental	5
7	Encender y seleccionar la temperatura a 150 grados para cambio Normal, para cambio rápido 200 grados.	n/a
8	Monitoreo cada 1/2 hora para verificar las temperaturas, y funcionamiento correcto de termocoplas	1
9	Barrer residuos de purgante que quedan en el piso	3

Fuente: elaboración propia.

Los 9 pasos listados en el procedimiento 2.3.2 – I fueron obtenidos del estudio detallado de la tabla XI que fue analizada en el capítulo número 2. Cada actividad realizada va estrechamente ligada a un posible riesgo o accidente laboral, para esto es necesario consultar las medidas de mitigación y protección

para estos posibles incidentes, estas medidas se encuentran listadas en el capítulo 3, tabla. XXIX, medidas de seguridad para mitigación de posibles riesgos.

4.1.1.2. Cambio de moldes pequeños

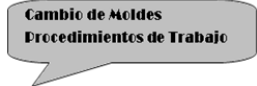
La división entre moldes pequeños y grandes son debido a su peso, los moldes pequeños para los cabezales (RK1.5, RK2.0 Y RK3.0) están asignados para producir tuberías de diámetros pequeños; esto a su vez representa una menor amenaza en la manipulación de los cambios por parte del personal de taller; a continuación se listan los pasos a seguir para realizarlo de una manera adecuada.

Figura 19. Instructivo de cambio de moldes pequeños

Código:	2.3.2 - II	Cambio de Moldes Procedimientos de Trabajo
Fecha de creación:	Sep-10	
Versión:	1.0	

Instructivo para el montaje y desmontaje de moldes (cabezales pequeños)		
Pasos de Trabajo		Riesgos
1	Verificar que el cabezal haya purgado correctamente	1, 7
2	Verificar que las zonas de calentamiento y extrusora este apagada	1, 2
3	Desatornillar resistencias, con llave Allen	3, 5
4	Quitar resistencia en dado del cabezal	1, 3
5	Conectar manguera en la tomar de aire y conectar la pistola neumática	5
6	Retirar tornillos del anillo con pistola neumática (8 tornillos)	1, 5
7	Quitar anillo del dado	4
8	Colocar llave Allen en tornillos de centrado (asiento del dado)	1
9	Retirar del asiento del dado con varillas de bronce (8 tornillos)	1, 3, 4
10	Retirar dado manualmente	4

Continúa Figura 19

Código:	2.3.2 - II	
Fecha de creación:	Sep-10	
Versión:	1.0	

Instructivo para el montaje y desmontaje de moldes (cabezales pequeños)		
Pasos de Trabajo		Riesgos
11	Extraer purgante del interior del cabezal con barrillas de bronce	1, 3, 7
12	Trasladar dado a carreta de piezas	1, 3, 4
13	Colocar el dado en la carreta	3, 4
14	Retirar silicón y wipe de los pines de calentamiento (altas temperaturas)	1, 3
15	Retirar tornillos de sujetar (varillas y ganchos de cadenas de eslabones 6 tornillos)	5
16	Quitar candela y colocarla en la carreta	3, 4
17	Retirar cables de calentamiento en la candela	1
18	Colocar tornillos del restrictor	5

Fuente: elaboración propia.

La división de procedimientos entre moldes pequeños y moldes grandes fueron analizados previamente en el capítulo 2, tabla X “Tipo de moldes”. Los 18 actividades o pasos de trabajo fueron tomados del “Análisis del cambio mecánico de moldes” capítulo 2.4. Junto con la ayuda de la tabla XI “Estudio de tiempos y actividades en proceso de cambio de moldes”.


4.1.1.3. Cambio de moldes grandes

El cambio de moldes para el cabezal RK4.0 debe realizarse con mayor cuidado, y para esto se auxilia de poleas, cadenas y polipasto, es por esta razón que el proceso implica mas actividades, y de aquí nace la división de

moldes pequeños y grandes, a continuación se listan los pasos a seguir para realizarlo de una manera adecuada.


Al igual que el cambio de moldes pequeños, la división de procedimientos entre ambos fue analizada previamente en el capítulo 2, tabla X. “Tipo de moldes”; y los 29 actividades o pasos de trabajo fueron tomados del “Análisis del cambio mecánico de moldes” capítulo 2.4, tabla XI. “Estudio de tiempos y actividades en proceso de cambio de moldes”.

Figura 20. **Instructivo de cambio de moldes grandes**

Código:	2.3.2 - III	
Fecha de creación:	Sep-10	
Versión:	1.0	

Instructivo para el montaje y desmontaje de moldes (cabezales grandes)		
Actividad		Riesgos
1	Verificar que el cabezal haya purgado correctamente	1, 7
2	Verificar que las zonas de calentamiento y extrusora este apagada	1, 2
3	Colocar grúa y polipasto en posición	3, 6
4	Desatornillar resistencias, con llave Allen	3, 5
5	Quitar resistencia en dado del cabezal	1, 3
6	Conectar manguera en la tomar de aire y conectar la pistola neumática	5
7	Retirar tornillos del anillo con pistola neumática (8 tornillos)	1, 5
8	Quitar anillo del dado	4
9	Colocar argolla de levantamiento en el dado	5
10	Colocar polipasto en la argolla	4
11	Suspender dado con polipasto	3, 6
12	Colocar llave Allen en tornillos de centrado (asiento del dado)	1
13	Retirar del asiento del dado con varillas de bronce (8 tornillos)	1, 3, 4
14	Retirar dado suspendido del cabezal con el polipasto (grúa)	3, 6

Continúa Figura 20

Código:	2.3.2 - III	
Fecha de creación:	Sep-10	
Versión:	1.0	


Instructivo para el montaje y desmontaje de moldes (cabezales grandes)		
Actividad		Riesgos
15	Trasladar dado a carreta de piezas	1, 3, 4
16	Colocar el dado en la carreta	3, 4
17	Retirar silicón y wipe de los pines de calentamiento (altas temperaturas)	1, 3
18	Retirar tornillos de sujetarían (varillas y ganchos de cadenas de eslabones 6 tornillos)	5
19	Retirar pin de calentamiento	4, 5
20	Colocar polipasto en posición del cabezal	6
21	Colocar pernos de sujetación en candela	5
22	Colocar eslinga en candela	4
23	Colocar adaptador y pistola neumática en tornillos de candela	1, 4, 5
24	retirar tornillos de la candela con pistola neumática (4 tornillos)	4, 5
25	Suspender candela con polipasto	1, 6
26	Retirar cables de calentamiento en la candela	1
27	Colocar candela en carreta de piezas	5
28	Retirar eslinga en candela	5
29	Colocar tornillos del restrictor	5

Fuente: elaboración propia.

4.1.1.4. Traslado de moldes

El traslado de moldes detalla el procedimiento de colocación del molde desde el momento en que sale del taller de moldes hasta que regresa, a continuación se listan los pasos a seguir para realizarlo de una manera adecuada.

Figura 21. **Instructivo de traslado de moldes**

Código:	2.3.2 - IV	
Fecha de creación:	Sep-10	
Versión:	1.0	

Instructivo para manejo y traslado de moldes		
Actividad	Riesgos	
1	Buscar herramental necesario en la estantería del taller de moldes	4
2	Colocar la cadena con ganchos en las argollas del cabezal	4, 5
3	Enganchar la cadena al gancho del polipasto	3
4	Levantar, trasladar y colocar el herramental en la carreta	3, 4, 6
5	Trasladar la carreta con herramental hasta el área de precalentamiento	3, 4, 6
6	Trasladar el herramental caliente a la línea en donde se usará	1, 3, 4, 6
7	Si es un molde o cabezal RK1.5, RK2 O RK3, se procede a levantarlo y colocarlo manualmente, para un RK4 se levanta con cadenas y polipasto	3, 4, 6
8	Al terminar de usarlo en la extrusora se quita y se coloca en la carreta	3, 4, 6
9	Trasladar la carreta con herramental al taller de moldes	4, 6
10	Levantar el herramental de la carreta y colocarlo en la estantería	3, 4, 5, 6

Fuente: elaboración propia.

Los 10 pasos a seguir para el manejo y traslado de moldes fueron obtenidos del estudio de “Análisis de materiales, equipos y herramientas utilizadas en cambio de moldes” capítulo 2.4.3 y de la “Logística de proceso de cambio de moldes” (diagrama de flujo) capítulo 2.4.4. El análisis de riesgos fue obtenido en el capítulo 3, tabla XXIX “Medidas de seguridad para mitigación de posibles riesgos”.

4.1.1.5. Limpieza de moldes

A continuación se listan los pasos a seguir para realizar la limpieza de moldes de una manera adecuada.

Figura 22. Instructivo de limpieza de moldes

Código:	2.3.2 - V	Cambio de Moldes Procedimientos de Trabajo
Fecha de Creación:	Sep-10	
Versión:	1.0	

Instructivo para Limpieza de Moldes		
Actividad		Riesgos
1	Levantar el dado con las argollas y cadenas colocadas en el polipasto	1, 3, 4
2	Extraer el purgante con varillas de bronce y se coloca en bolsas de papel o en tarimas	1, 3, 7
3	Sopletear los residuos restantes en la superficie del cabezal o en agujeros con rosca	1, 7
4	Trasladar el dado al taller de moldes para colocarlo en su estantería	1, 4
5	Guardar las herramientas utilizadas en el área de trabajo	4
6	Barrer los residuos de purgante que quedan en el piso	3

Fuente: elaboración propia.

Los 6 pasos básicos a seguir fueron el resultado de la necesidad de mantener el molde perfectamente limpio, a fin de mitigar la siguientes causas raíces. El primero fue debido a que existen cabezales pequeños y grandes, es necesario tomar en cuenta el uso de polipasto para evitar lesiones por caídas o luxaciones lumbares; el segundo es debido a la extracción de purgante en superficies entre dado y araña, esto evita que el material su plastifique y queme, el material virgen disminuye directamente el *scrap*; el tercero, la rosca y araña

cuenta con agujeros pequeños que sirven para unir la araña al cabezal, en él se acumula mucho material o residuo, es necesario la extracción de todo este material muchas veces quemado, del paso 4 al 6 fueron analizados previamente en “Traslado de moldes” capítulo 4.1.1.4.

4.2. Creación de formatos para planificación, coordinación y ejecución de actividades

Previo al cambio de moldes es necesario planificar cada una de las actividades a realizar en un periodo de tiempo, esto con el fin de programar y ejecutar exitosamente esta actividad, existe dos procesos fundamentales a cargo del departamento de taller de moldes, la primera es asegurarse que todos los cambios de moldes se ejecuten en tiempo según el programa de producción y el correcto funcionamiento durante toda la corrida de producción; la segunda actividad es la ejecución de los mantenimientos preventivos en todos los accesorios, cabezales y moldes de acuerdo a la planificación anual de mantenimiento preventivo; en adición a esto, la coordinación del personal sirve para evitar la sobrecarga de trabajo y la ejecución adecuada.

A continuación se listan y presentan los programas y procedimientos necesarios para cumplir con las tareas, éstos son: programa de planificación de producción, asignación de actividades, reportes diario de producción y reporte diario de actividades por parte del personal de taller de moldes.

4.2.1. Programa de planificación de producción

El programa de planificación de producción de tubería es el que indica al personal de taller de moldes, la fecha estimada en que se terminará de producir una tubería específica, ésta le indica a taller de moldes que tipo de molde.

Debe prepararse previo al cambio de material o al paro del mismo (por falta de programa); este programa debe actualizarse diariamente con la información provista por el departamento de producción con el fin que la estimación de paros y cambios sea lo suficientemente preciso; el taller de molde debe verificar diariamente este procedimiento.

El programa de planificación de producción cuenta con 21 datos esenciales estos fueron analizados previamente en el capítulo 2.2.3.1 “Información necesaria en planificación de producción”, la tabla XIX “Porcentajes de sobrepeso generado durante un mes de producción” sirve para la información detallada del producto a fabricar; el porcentaje de eficiencias en el programa de planificación toma como base pesos promedios y tiempos estándares de producción de la tabla XXIV “Cantidad de horas molde trabajadas”, finalmente la ultima parte del programa indica el día esperado en que las extrusoras terminarán de fabricar un producto específico, esto con el fin de poder programar continuamente el siguiente producto a fabricar.

4.2.2. Asignación de actividades al departamento de taller de moldes

La asignación de actividades es la planificación detallada con la que el departamento de taller de moldes debe cumplir, el programa está dividido en dos partes; la primera parte se relaciona directamente con la planificación de producción, éste indica la fecha en que va realizar el cambio y desmontaje, el turno de ejecución y la persona responsable del mismo; la segunda parte del programa se relaciona con el mantenimiento preventivo de piezas y accesorios, éste indica el tipo de mantenimiento que debe realizarse, la pieza a ser revisada, el día programado, el encargado de realizarlo y el turno específico.

Figura 24. **Asignación de actividades al personal de taller de moldes**

Código:	2.3.1 - III	Cambio de Moldes Procedimientos de Trabajo	Asignación de Actividades
Creación:	Sep-10		
Versión:	1.0		

Mes: Septiembre

No.	Código	Día programado de cambio	Pieza	Tipo de Inspección	Tipo de Mantenimiento	Cabezal	Semana Programada				Fecha de Cumplimiento	Encargado	Turno
							36	37	38	39			
1. Cambios de Moldes y Accesorios programados													
1.1	10	9/1/2010	Molde Pequeño	----	----	RK1.5	x				9/1/2010	Antonio Tovar	1
1.2	20	9/6/2010	Molde Pequeño	----	----	RK1.5		x			Pendiente	Antonio Tovar	1
1.3	10	9/17/2010	Molde Pequeño	----	----	RK1.5			x		Pendiente	Adolfo Vásquez	2
1.4	50	9/6/2010	Molde Pequeño	----	----	RK2.0		x			Pendiente	Adolfo Vásquez	1
2. Mantenimientos Preventivos programados													
2.1			Candela	Revisión	Sustitución	RK1.5	x				9/2/2010	Antonio Tovar	2
2.2			Dado	Revisión	Cromado	RK1.5	x				Pendiente	Adolfo Vásquez	1
2.3			Dado	Revisión de la Cara	Rectificado	RK2.0	x				Pendiente	Adolfo Vásquez	1
2.4			Olla	Revisión de Anillos	Limpieza, Cambio	RK1.5	x				Pendiente	Antonio Tovar	2
2.5			Termocopla	Revisión	Mantto. Eléctrico	RK1.5	x				9/1/2010	Adolfo Vásquez	1
2.6			Calibrador	Revisión	Mantto. Mecánico	RK3.0		x			Pendiente	Adolfo Vásquez	
2.7			Cono	Revisión de la Rosca	Reconstrucción	RK3.0		x			Pendiente	Antonio Tovar	
2.8			Housing	Revisión	Limpieza	RK4.0		x			9/1/2010	Adolfo Vásquez	1
2.9			Dado	Revisión de la Cara	Rectificado	RK1.5			x		Pendiente	Antonio Tovar	2
2.10			Dado	Revisión de la Rosca	Reconstrucción	RK1.5			x		Pendiente	Antonio Tovar	1
2.11			Housing	Revisión	Cromado	RK1.5			x		Pendiente	Antonio Tovar	1
2.12			Olla	Revisión	Cromado	RK1.5			x		Pendiente	Antonio Tovar	1
2.13			Anillo	Revisión del Calibrador	Reparación	RK2.0				x	Pendiente	Adolfo Vásquez	1
2.14			Araña	Revisión	Cromado	RK1.5			x		Pendiente	Adolfo Vásquez	1
2.15			Candela	Revisión	Cromado	RK2.0			x		Pendiente	Adolfo Vásquez	1
2.16			Dado	Revisión	Cromado	RK2.0			x		Pendiente	Adolfo Vásquez	1
2.17			Dado	Revisión de la Cara	Rectificado	RK3.0			x		Pendiente	Antonio Tovar	2
2.18			Tornillo Base	Revisión de Tornillo	Limpieza, Sustitución	RK1.5				x	Pendiente	Adolfo Vásquez	2

Fuente: elaboración propia.

La asignación de actividades toma como base los formatos y análisis de prioridades, la primera parte trata de cambios de moldes y accesorios programados, ésta toma como base principal el programa de planificación de producción figura 23, principalmente el día programado.

El cambio de molde, personal encargado y turno, la segunda parte se relaciona con el mantenimiento preventivo de la misma manera que la figura 27.

4.2.3. Reporte diario de producción (eficiencias e indicadores)

El reporte de producción deberá ser alimentado diariamente por parte del departamento de producción, éste indica toda la información detallada de lo que ocurrió durante un turno de producción en cada una de las líneas o extrusoras, en él se encontrará la cantidad de tubos producidos por turno, cantidades de material utilizados, tiempos de promedio de producción, origen y cantidad de *scrap* generado, cantidad de paros, sobre peso generado, y posibles problemas debido a fallas mecánicas, eléctricas o ocupacionales. El reporte diario de producción es el más importante de todos, ya que a partir de él se analizan las tendencias e indicadores de eficiencias, se actualiza el programa de producción y se registran todos los cambios programados.

De allí la importancia de alimentar correctamente cada uno de los datos presentados en el siguiente formato, este reporte es el encargado de alimentar la información del programa de planificación de producción, asignación de actividades, porcentajes de *scrap* generado, sobrepeso, porcentajes de eficiencias así como horas de paro; el reporte toma como base el análisis de la tabla VII “Información necesaria en reporte de producción” de aquí la necesidad de contar con la mayor información relacionada a un turno de producción, es necesario que este reporte se haga por línea de extrusión y por turno, ya que tanto el programa de planificación como la distribución de actividades son desglosadas de esa forma.

Figura 25. Reporte diario de producción

Código: 2.3.4 - I	Cambio de Moldes Precedimientos de Trabajo	Reporte diario de producción (eficiencias e indicadores)			
Fecha de creación: Sep-10					
Versión: 1.0					

de Orden: **20100911** Turno: 1 2 Fecha: **01/09/10**

Maquina: **RK1.5 - Línea 7**
Producto: **010 (Tubo 1/2" x 6 mts pvc 315)**

Control de producción

Cantidad total de tubos producidos: **1416 Tubos** % de sobrepeso: **1.0275%**

Peso real promedio: **0.912 Kilos x Tubo** % de scrap: **1.08%**

Scrap total generado: **14 Kilos** % de eficiencia: **85.82%**

Kilos total producidos: **1292 Kilos de resina** % de paros: **n/a**

Horas marcha maquina: **10 Horas**

Material consumido:

sil:	1	2	3	4	5	6
Hora cambio:	x	x		x		
Bolsones No.:	0.5	0.5		0.3		

Formula: **010-0.5-315**

Paros			Eficiencias				Scrap				Sobrepeso				
Paro	Arranque	Causa	Tiempo	Peso	Unid x hora	Kg/hr	% Efi	Kg	Hr Inicio	Hora Fin	Causa	Hora	Peso	% Sobrepe	Causa
----	----	----	8.45	0.967	130	136.927	78.79%	---	---	---	---	8.45	0.967	1.09%	T. Alta

Comentarios: La línea de producción No. 7 no reporto paros ya que no es una corrida de Arranque de producción corrida que se inicio en un turno previo; el sobrepeso se debio a que la temperatura fue regulada incorrectamente.

Ignacio López
Jefe de Turno

Oscar Martínez
Operador de Maquina

Fuente: elaboración propia.

4.2.4. Reporte diario de actividades realizadas (departamento de taller de moldes)

La finalidad del reporte diario de actividades por parte del taller de moldes es registrar cada una de las actividades que realizaron diariamente (2 turnos por día) en él se registra la cantidad de horas empleadas para las actividades, cantidad de herramientas utilizadas, tipo de inspecciones, tipo de mantenimientos y algún posible problema al momento de ejecutar cada una de las actividades, este reporte diario debe alimentar diariamente el reporte.

La asignación de tareas y el de seguimiento de actividades sirven para alimentar este reporte que a su vez ayuda a la trazabilidad de operaciones y la obtención de indicadores de eficiencia de todo el personal.

Figura 26. Reporte diario de actividades realizadas

Código: 2.3.4 - II-III	Cambio de Moldes Procedimientos de Trabajo	Reporte diario de actividades realizadas
Fecha de Creación: Sep-10		
Versión: 1.0		

Fecha: 01/09/2010	Turno: 1 2				
Cabezal Utilizado	Código de Producto	Tipo de Inspección	Tipo de Mantto.	Herramientas Utilizadas	Descripción detallada
RK1.5	010	Cambio de molde	----	Caja de herramientas, llaves Allen, wipe, pistolas neumáticas, resistencias	Según planificación de producción, orden no. 20100911; se instalo el molde para el cabezal RK1.5, se tardo aproximadamente 14 minutos; las resistencias fueron sustituidas.
RK1.5	010	Revisión de termocoplas	Mantto. eléctrico	----	Se chequearon las conexiones, se repararon los conductores, y se aislaron los cables.
RK1.5	010	Revisión de calibrador	Mantto. mecánico	Ez-free-ae (grasa aerosol), lija	Ajuste de medidores
RK4.0	060	Revisión Acusing	Limpieza	Lija esmeril grano No. 150, Ez-free-ae (grasa aerosol)	Se engraso y pulio material restante en cara interna de Acusing, purga realizada incorrectamente.

Mecánico Encargado: Adolfo Vásquez

Fuente: elaboración propia.

El reporte diario de actividades realizadas, es el resumen del capítulo 2.2.3.2 “Estudio de actividades hechas”, el reporte toma como criterios principales la significancia y aspecto a tomar en cuenta en el momento de reportar cada una de actividades, dicho reporte debe tener una correcta trazabilidad entre reporte 2.3.4 I “Reporte diario de actividades realizadas” y 2.3.1 III “Asignación de actividades al personal de taller de moldes”.

4.3. Actualización del programa para el mantenimiento preventivo en herramental de los cabezales con base en los análisis de tendencias

El mantenimiento preventivo busca por objetivo el evitar que una pieza se fatigue, desgaste, funcione inadecuadamente y sobre todo que ocasione paros en la producción, la figura 27 muestra el mantenimiento preventivo de todas las herramientas y piezas que intervienen directamente con el funcionamiento de los moldes en cabezales de extrusoras; el programa anual de mantenimiento preventivo se obtuvo de la siguiente manera: primero se analizaron tendencias de fallo (por tipo de piezas y por tipo de cabezales); segundo se recopiló la información de la cantidad de horas en uso antes del fallo de la pieza.

Por último se programó la cantidad de horas aproximadas de uso de las piezas para todo un año; finalmente se programó la fecha real en la que una pieza fallará, o presentará alguna anomalía. Adicional al análisis de tendencias, el mantenimiento preventivo se presenta por semanas ya que el fijar un día específico genera un posible incumplimiento de la tarea, por lo que afectaría directamente los indicadores de eficiencia de trabajo realizados, el programar por semana también ayuda a distribuir de una mejor manera toda la carga de trabajo equitativamente; a continuación se presenta el cuadro de mantenimiento preventivo desglosado por tipo de inspección y mantenimiento en cada cabezal.

Los criterios para la elaboración del reporte de mantenimiento preventivo son los siguientes:

- Tabla II: frecuencia de actividades, el programa de mantenimiento preventivo es de acuerdo a la sensibilidad de poder realizar periódicamente cada una de actividades.

- Tabla V: información básica en mantenimiento preventivo, esta tabla muestra los requisitos mínimos con los que el mantenimiento preventivo debe ser programado.
- Tabla XXII: fallas principales en las piezas de cabezales, el análisis detallado de cada una de las fallas sirve para proyectar cuánto tiempo podrá resistir una pieza en funcionamiento antes que sufra algún daño.
- Tabla XXV: horas cabezal trabajadas en momento de fallas, esta tabla es la más importante ya que a partir de estos datos se proyecta el mantenimiento preventivo.

4.4. Creación de indicadores de eficiencias

Los indicadores muestran tendencias y eficiencias con las que una máquina extrusora trabaja; éstos proveen una guía del comportamiento de las principales causas de pérdidas de material, éstos indicadores son alimentados por los reportes de control diarios registrados tanto por el departamento de producción como por el de taller de moldes; los reportes de control son la guía con la que el negocio cuenta para poder optimizar procesos y reducir costos por pérdidas.

Los indicadores a crear son los siguientes: *scrap*, sobrepeso, paros y eficiencias de personal permisibles; la creación de un número o porcentaje en cada uno de los indicadores se da a partir del concepto de los tres pilares de sostenibilidad de un negocio: rentabilidad (optimización de costos), medio ambiente (generar procesos amigables y disminuir desperdicios) de una manera segura y ejecución segura de todos los procesos.

4.4.1. Porcentajes de *scrap* permisible

La siguiente tabla muestra el promedio de *scrap* generado durante un mes de corrida de producción, el desglose de las causas que la generaron fueron detalladas en el capítulo 2, el 6.2% no es un número significativo, visto desde el punto de cantidad de material en gramos representa 86 800,00 gramos de material virgen, la razón de reducir estos costos impactan significativamente al costo de producción por tubería.

Tabla XXX. **Porcentaje de *scrap* permisible**

Causas de Scrap	Kilos SCRAP	Porcentajes SCRAP
Causas relacionadas con moldes de cabezales de extrusora	86,800.00	6.20%

Fuente: elaboración propia.

Con la creación de un sistema de mantenimiento preventivo eficiente, se reducirán un porcentaje aceptable del promedio de *scrap* generado por mes, éstos son desperdicios de materiales generados en su mayoría por fallas mecánicas en las piezas, el 1.03% representa 14 467,49 kilos de material virgen por mes, todo *scrap* generado se volverá a reprocesar para ser reutilizado.

Figura 28. **Porcentaje de *scrap* a mitigar**

Disminución de Causas de Scrap	Kilos SCRAP	Porcentajes SCRAP
Mantenimiento de moldes	49.84	0.0035603%
Falla en Molde	512.04	0.0365743%
Anillos	2,966.76	0.2119116%
Arranque y Paro (SET-UP) (-35%)	5,256.68	0.3754773%
Cambio de producto (-35%)	5,682.16	0.4058686%
Total de optimización en SCRAP	14,467.49	1.03%

Fuente: elaboración propia.

La cantidad total permisible de *scrap* por mes debe ser del 5.17% de la cantidad total en kilos producidos en tuberías de PVC.

4.4.2. Porcentajes de sobrepeso permisible

El porcentaje promedio de sobrepeso registrado en los últimos meses fue aproximadamente de 2.56%, la optimización del proceso en los cambios de moldes ayudan al ajuste correcto de candelas y dados, éstas contribuyen a que el espesor y diámetros estén lo suficientemente calibrados para evitar excedencias en producción con respecto a las dimensiones; a continuación se listan los pesos teóricos de tuberías por tipo de de producción y los pesos promedios máximos con los que debe contar. Los porcentajes de sobrepeso fueron tomados con base en la tabla XIX “Porcentajes de sobrepeso generado durante un mes de producción”, con ayuda de la fórmula propuesta en el capítulo 2.6.3.1.

Tabla XXXI. **Sobrepeso permisible**

Código	Descripción	Peso Teórico x Tubo (Kilos)	Sobre peso permisible (Kilos) 2.5%
10	Tubo 1/2" x 6 mts pvc 315	0.888	0.910
20	Tubo 2" x 6 mts pvc 160	3.630	3.721
30	Tubo 4" x 6 mts pvc 160	13.795	14.140
40	Tubo 3" x 6 mts pvc BAP	3.572	3.661
50	Tubo 3" x 6 mts pvc 160	8.363	8.572
60	Tubo 6" x 6 mts pvc 160	28.307	29.015

Fuente: elaboración propia.

La cantidad total permisible de sobrepeso por mes debe ser como máximo del 2.5% de la cantidad total en kilos peso promedio de las tuberías de PVC.

4.4.3. Tiempos de paro permisibles

La estandarización de los procesos permite a que el proceso de *set up* o arranques de producción se ejecute eficientemente; esto ahorra aproximadamente un 35% del tiempo promedio que se había venido registrando durante los procesos normales como se muestra a continuación.

Tabla XXXII. **Detalle de paros permisibles**

Optimizaciones	
Por estandarización de proceso	15%
Tiempos muerto por preparación en herramientas y materiales	10%
Manejo de cambio con herramientas adecuadas	10%
Total	35%

Fuente: elaboración propia.

Los porcentajes o indicadores de paros permisibles fueron tomados con base en el análisis propuesto en el capítulo 2.6.4 “Indicadores de paros”. Existen dos tipos de paros durante el proceso, la primera parte “paros no contabilizados” son debido a falta de programa, este paro no puede llegar a optimizarse ya que se debe a circunstancias socio económicas fuera del alcance del negocio; por otra parte los paros a mitigar son el enfoque principal y son aquellos que puede llegar a mejorarse constantemente, los porcentajes de paros se listan en la tabla XXXIII.

La cantidad total permisible de paros programados por mes debe ser del 6.79% de la cantidad total de horas fabrica promedio de funcionamiento de las extrusoras de las tuberías de PVC.

Tabla XXXIII. **Paros a mitigar**

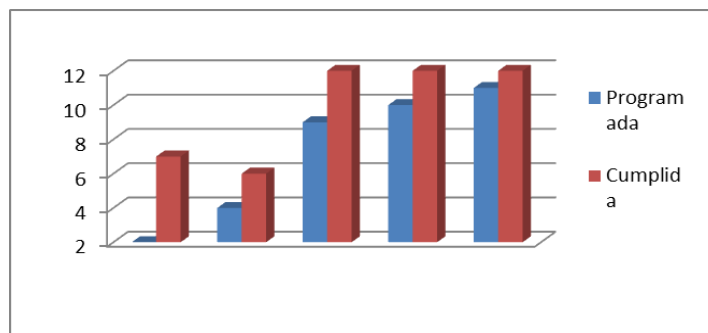
Tipo de Paro	% de Paros en producción total	Horas promedio mensuales de paro
a. Paros No contabilizados		
Falta de Programa	27.07%	379
b. Paros a mitigar		
SET-UP	3.29%	46
Otros Paros	2.43%	34
Paros Accidentales	2.21%	31
Total de horas de Paro	7.93%	490

Fuente: elaboración propia.

4.4.4. Eficiencias del personal

El indicador de eficiencia del personal básicamente se divide en dos partes, la primera parte mide el porcentaje total de cumplimiento de las actividades programadas durante el mes, incluye tanto los programas por mantenimiento preventivo como las de cambio de programa, la segunda parte mide la eficiencia en tiempo, es la que se desarrolla la actividad, si se realizó en la fecha programada. El último indicador es de suma importancia ya que mide directamente el trabajo realizado por todo el departamento de taller de moldes.

Figura 29. **Medición de eficiencias a persona**



Fuente: elaboración propia.

La creación de formato de eficiencia de personal tiene como base la información proporcionada en el capítulo 4.3, figura 27. “Programa anual de mantenimiento preventivo”, capítulo 4.2.2 “Asignación de actividades al departamento de taller de moldes” y capítulo 4.2.4. “Reporte diario de actividades realizadas”, este compara lo programado contra lo asignado en el tiempo cumplido.

Figura 30. **Gráfica de cumplimientos de eficiencias**

Medición de actividades realizadas - 1Q2010							
N o.	Pieza	Tipo de inspección	Tipo de mantenimiento	Cabe zal	Seman a	Semana realizad a	Efeciencia del personal
56	Termocopla	Revisión	Mantto. eléctrico	RK1.5	1	1	En tiempo
53	Revisión anual	Revisión de sistemas hidráulicos	Niveles de aceite, empaques, mangueras	Todos	2	7	Tarde
43	<i>Housing</i>	Revisión	Limpieza	RK4.0	3	3	En tiempo
54	Revisión anual	Revisión de chumaceras	Revisión mecánica	Todos	4	6	Tarde
55	Revisión anual	Revisión de motores	Mantto. mecánico	Todos	5	5	En tiempo
56	Termocopla	Revisión	Mantto. eléctrico	RK1.5	6	6	En tiempo
43	<i>Housing</i>	Revisión	Limpieza	RK4.0	7	7	En tiempo
57	Termocopla	Revisión	Mantto. eléctrico	RK2.0	8	8	En tiempo
5	Araña	Revisión de la rosca	Reconstrucción	RK1.5	9	12	Tarde
20	Carro	Revisión	Limpieza, revisión y engrase de ruedas.	RK4.0	9	9	En tiempo
56	Termocopla	Revisión	Mantto. eléctrico	RK1.5	10	10	En tiempo
12	Candela	Revisión	Sustitución	RK1.5	10	Pendiente	Tarde
24	Dado	Revisión	Cromado	RK1.5	10	13	Tarde
46	Olla	Revisión de anillos	Limpieza, cambio	RK1.5	10	10	En tiempo
43	<i>Housing</i>	Revisión	Limpieza	RK4.0	11	11	En tiempo
23	Cono	Revisión de la rosca	Reconstrucción	RK3.0	11	12	Tarde
58	Termocopla	Revisión	Mantto. eléctrico	RK3.0	11	11	En tiempo
26	Dado	Revisión de la cara	Rectificado	RK1.5	12	12	En tiempo
27	Dado	Revisión de la rosca	Reconstrucción	RK1.5	12	12	En tiempo
59	Termocopla	Revisión	Mantto. eléctrico	RK4.0	12	12	En tiempo
1	Anillo	Revisión del calibrador	Reparación	RK2.0	13	13	En tiempo
3	Araña	Revisión	Cromado	RK1.5	13	Pendiente	Tarde
13	Candela	Revisión	Cromado	RK2.0	13	13	En tiempo
29	Dado	Revisión	Cromado	RK2.0	13	13	En tiempo
34	Dado	Revisión de la ara	Rectificado	RK3.0	13	13	En tiempo
Porcentaje de cumplimiento						92.00%	72.00%

Fuente: elaboración propia.

4.4.5. Resumen de indicadores

El siguiente cuadro muestra el resumen de los indicadores creados para el correcto manejo de actividades y desarrollo de procesos en el departamento de taller de moldes.

Figura 31. **Tabla de resumen de indicadores mensuales**

Porcentaje de indicadores mensuales		
<i>Scrap</i> permisible	5.17%	
Sobrepeso permisible	2.50%	
Tiempo de paros permisibles	6.79%	
Eficiencia de personal	Actividades programadas realizadas	90.00%
	Fecha de cumplimiento	80.00%

Fuente: elaboración propia.

La tabla de resumen de los indicadores mensuales fueron tomados con base en el análisis de las siguientes tablas: *scrap* permisible, capítulo 4.4.1 “Porcentajes de *scrap* permisible”, porcentajes de aceptación; “Sobrepeso permisible”, capítulo 4.4.2; “Tiempo de paros permisibles”, capítulo 4.4.3; “eficiencia de personal”, capítulo 4.4.4.

5. SEGUIMIENTO, MEJORA CONTINUA

5.1. Creación de procedimientos para investigación de accesorios nuevos

La continúa investigación y modificación de accesorios y herramientas nuevas o parcialmente modificadas contribuye al proceso de fabricación, esto es debido a que las dimensiones más serán más precisas y tendrán mejores acabados superficiales en las tuberías; el cambio de cualquiera de estas piezas es muy sensitivo ya que afectará a todo el proceso de extrusión; por lo que es importante el probar cualquier modificación previo a la autorización e implementación.

5.1.1. Formato para presentar piezas modificadas

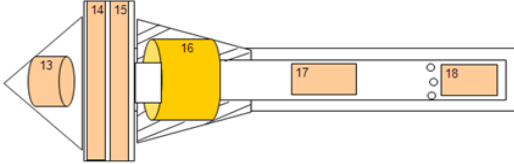
A continuación en la figura 32, se listan la cantidad de requisitos mínimos con los que el formato de modificación de piezas debe contar; esto contribuye a darle seguimiento al historial de todas las piezas utilizadas previamente evitando posibles fallos por mal funcionamiento en las piezas modificadas.

5.2. Criterios a tomar en cuenta para auditorías internas

Las auditorías internas tiene por objetivo el validar que todos los procesos a cargo del taller de molde se estén realizando de acuerdo a los programas establecidos.

El darle un seguimiento continuo y proponer mejoras en cada uno de los procesos contribuye a que toda actividad de cambio de moldes vaya mejorando constantemente.

Figura 32. **Formato de modificación y sustitución de piezas**

Modificación y/o sustitución de piezas y Accesorios	
Solicitado por: <u>Adolfo Vásquez</u>	Solicitud No.: <u>23</u>
Fecha de Solicitud: <u>01 de Septiembre de 2010</u>	
Modificación: <input type="checkbox"/>	Sustitución: <input checked="" type="checkbox"/>
Pieza a modificar: <u>Resistencias en Cabezal RK2.0</u>	
Código Sistema: <u>11213, 11214, 11215, 11216, 11217</u> <u>11218</u>	
Croquis o detalle breve de las pieza a sustituir	
	
Detalle de modificaciones: <u>Resistencias No. 13 - 18 en cabezal RK2.0, código de proveedor: página 16059 (13), página 16061 (14) página 16060 (15), página 15855 (16), página 16045 (17), página 16045 (18), 1 unidad por cada resistencia.</u>	
Razón de Modificaciones: <u>La base de aluminio de cada resistencia se fatiga muy rápidamente, por lo que hay que sustituirla por una nueva aproximadamente el doble de veces de lo normal, las nuevas resistencias cuentan con una base reforzada.</u>	
<u>Sergio López (Gerente de Manufactura)</u> Aprobado por	

Fuente: elaboración propia.

Las auditorías internas deben realizarse cuatros veces por año, esto quiere decir que deben ser programadas trimestralmente, esto debido a que los resultados de un solo mes no puede llegar a ser la suficientemente confiables, ya que mucho dependen de factores externos no controlables como lo son la falta de programa, alza de precios, apagones eléctricos, instalaciones de

instrumentos y medidores nuevos; adicional a esto las auditorías internas exigen mucho sobreesfuerzo por parte del personal, ya que todos están sujetos a validación de procesos, de aquí la necesidad de poder establecer periodos razonables que contribuyan a mejorar y validar los procedimientos establecidos.

5.2.1. Validación de procesos

La validación de un proceso desde el punto de vista de auditoría, persigue básicamente lo siguiente.

- Verificar el orden cronológico de los pasos a realizar al momento de cumplir con una actividad.
- Validación de las normas de seguridad, comprobar el uso y auxilio de herramientas personales y de maquinarias específicas.
- Verificación de tiempos y fechas establecidas para el cumplimiento de cada uno de ellos.
- Revisión de los resultados y observaciones anotadas en los procedimientos de control que se llenan diariamente (*scrap*, sobrepeso, tiempos de paro, incidentes y eficiencias de personal).

5.2.1.1. Tiempos permisibles

El catalogo de control o instrumento utilizado en la auditoría interna únicamente comprueba lo establecido en los procedimientos contra los resultados obtenidos; las pruebas deben ser aleatorios, esto quiere decir que el auditor interno debe tomar muestras representativas al periodo a verificar, 3Q10

por ejemplo representa el tercer trimestre que abarca desde julio hasta septiembre de 2010; en el caso específico para tiempos permisibles se obtiene directamente de las métricas o indicadores establecidos contra lo reportado en “Reporte diario de actividades realizadas”.

5.2.1.2. Manejo de cambio de cabezales

La auditoría interna del manejo de cambio de cabezales debe tomarse en cuenta los siguientes puntos:

- Verificar el programa de producción y verificar los días aproximados de cambios de producto y paro o inicio de producción para una línea específica.
- Validar el día que realizó el cambio de cabezal con lo programado por el departamento de producción.
- Verificar las normas de seguridad que toma en cuenta el personal de taller de moldes.

5.2.1.3. Porcentajes de *scrap* permisible

Para la validación de los porcentajes de *scrap*, al igual que los primeros tres puntos, es necesario programar una serie de días aleatorios, en donde básicamente lo que se hace es validar los procedimientos 2.3.4 I “Reporte diario de producción” contra los indicadores de porcentajes mensuales; adicional a esto el departamento de producción cuenta con una bitácora de todo el material reprocesado, es necesario validar que todo lo que se reporte sea exacto.

5.2.1.4. Porcentajes de sobrepeso permisible

La validación de los porcentajes de sobrepeso se valida exactamente igual al *scrap* y básicamente lo que se hace es validar los procedimientos 2.3.4 I “Reporte diario de producción” contra los indicadores de porcentajes mensuales, con ayuda del departamento de control de calidad.

5.2.1.5. Validación de porcentajes de cumplimiento de tareas

Para realizar la validación de los porcentajes de cumplimiento de tareas es necesario la verificación de todo lo reportado en “Medición de actividades realizadas”, esto con el objetivo de validar si lo reportado es igual a lo real.

5.2.1.6. Porcentajes de eficiencias por parte de trabajadores

El porcentaje de eficiencias no mide el cumplimiento en número (porcentaje), el objetivo en la auditoría interna es encontrar la sensibilidad de las actividades que no se realizaron a tiempo; tratar de encontrar la razonabilidad o la causa de no haberlo realizado según lo programado, y si esto afecta directamente al buen funcionamiento de los cabezales.

5.2.2. Tareas a mejorar

Al finalizar el ejercicio de auditar todos los procesos involucrados en el departamento, el grupo o el auditor líder, debe enviar los comentarios al encargado del departamento de manufactura, éstos deben ser lo suficientemente preciso y lógico.

Los resultados son las más importantes ya que de ellos dependen la cantidad de actividades a mejorar o reforzar; esto con el objetivo de cumplir con la mejora continúa de todo los procedimientos.

5.3. Validación y seguimiento a normas de seguridad

Validar que un proceso está realizándose de acuerdo a las normas o procedimientos específicos es de suma importancia, ya que el no realizarlo adecuadamente puede llegar a impactar negativamente en el desarrollo y ejecución de producción, paros por accidentes, licencias para operar, y costos indirectos al producto terminado, a continuación se listan algunos procesos que nos ayuda a poder predecir los peores escenarios y poderlos llegar a mitigar.

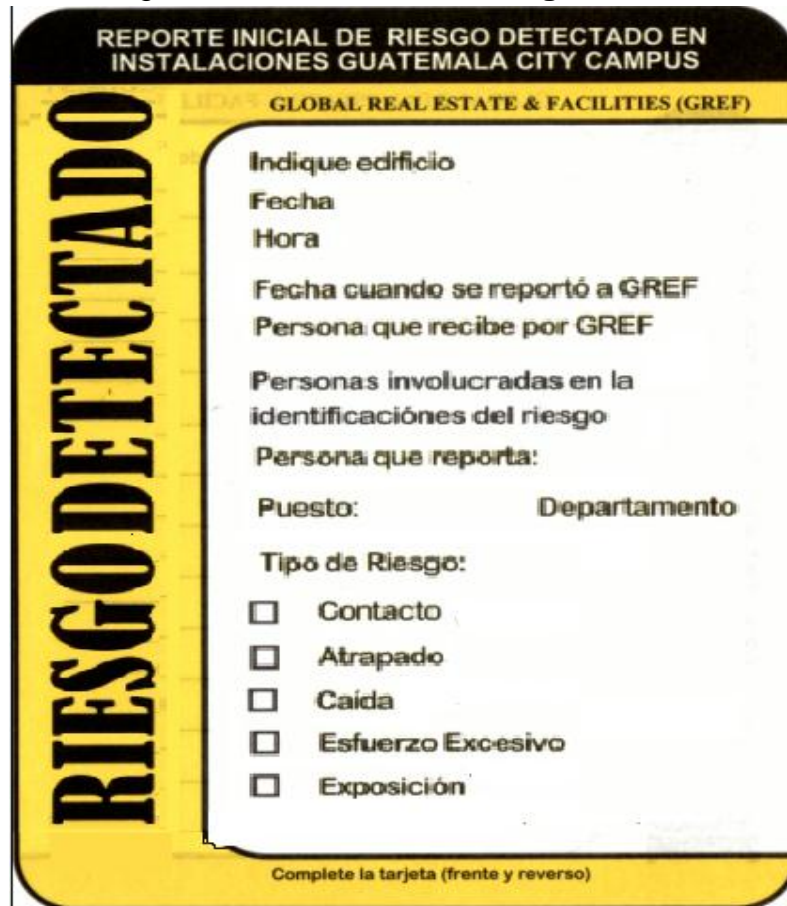
5.3.1. Análisis de riesgos

El proceso de cambio de moldes genera posibles riesgos laborales como lo son la electrocución por piezas, quemaduras severas, aplastamientos y lesiones lumbares; el análisis constante de los potenciales incidentes debe ser una actividad crítica para todo el departamento de manufactura, el poder mitigar cada uno de estos posibles escenarios contribuyen a que el proceso sea más confiable de acuerdo a normas de seguridad internacionales (OSHAS 18 000,00).

5.3.1.1. Riesgo detectado

El riesgo detectado es una observación directa que realiza una persona al momento de observar un peligro potencial para todo el personal involucrado en el proceso o lugar específico donde se observe la posible actividad peligrosa, ésta debe ser elaborada lo más detalladamente posible, para dar una idea preliminar de cómo poder llegar a mitigarse correctamente.

Figura 33. Formato de riesgos detectados



REPORTE INICIAL DE RIESGO DETECTADO EN
INSTALACIONES GUATEMALA CITY CAMPUS

GLOBAL REAL ESTATE & FACILITIES (GREF)

RIESGO DETECTADO

Indique edificio
Fecha
Hora
Fecha cuando se reportó a GREF
Persona que recibe por GREF
Personas involucradas en la
identificaciones del riesgo
Persona que reporta:
Puesto: Departamento
Tipo de Riesgo:
 Contacto
 Atrapado
 Caída
 Esfuerzo Excesivo
 Exposición

Complete la tarjeta (frente y reverso)

Fuente: elaboración propia.

5.3.1.2. Investigación de origen de incidentes registrados y seguimientos con equipos de investigación

El porcentaje de accidentalidades y su respectiva severidad forma parte de los indicadores estudiados en el capítulo 2 específicamente en el punto 2.6.6; el seguimiento adecuado parte con base en comprender la causa raíz del porque sucedió un accidente, básicamente existen dos grandes grupos, el primero es causado por mala práctica por parte del personal y el segundo es causado por la incorrecta programación de procedimientos, el siguiente formato tiene por objetivo la clasificación de tipo de accidentes.

Figura 34. Investigación de incidentes y casi incidentes

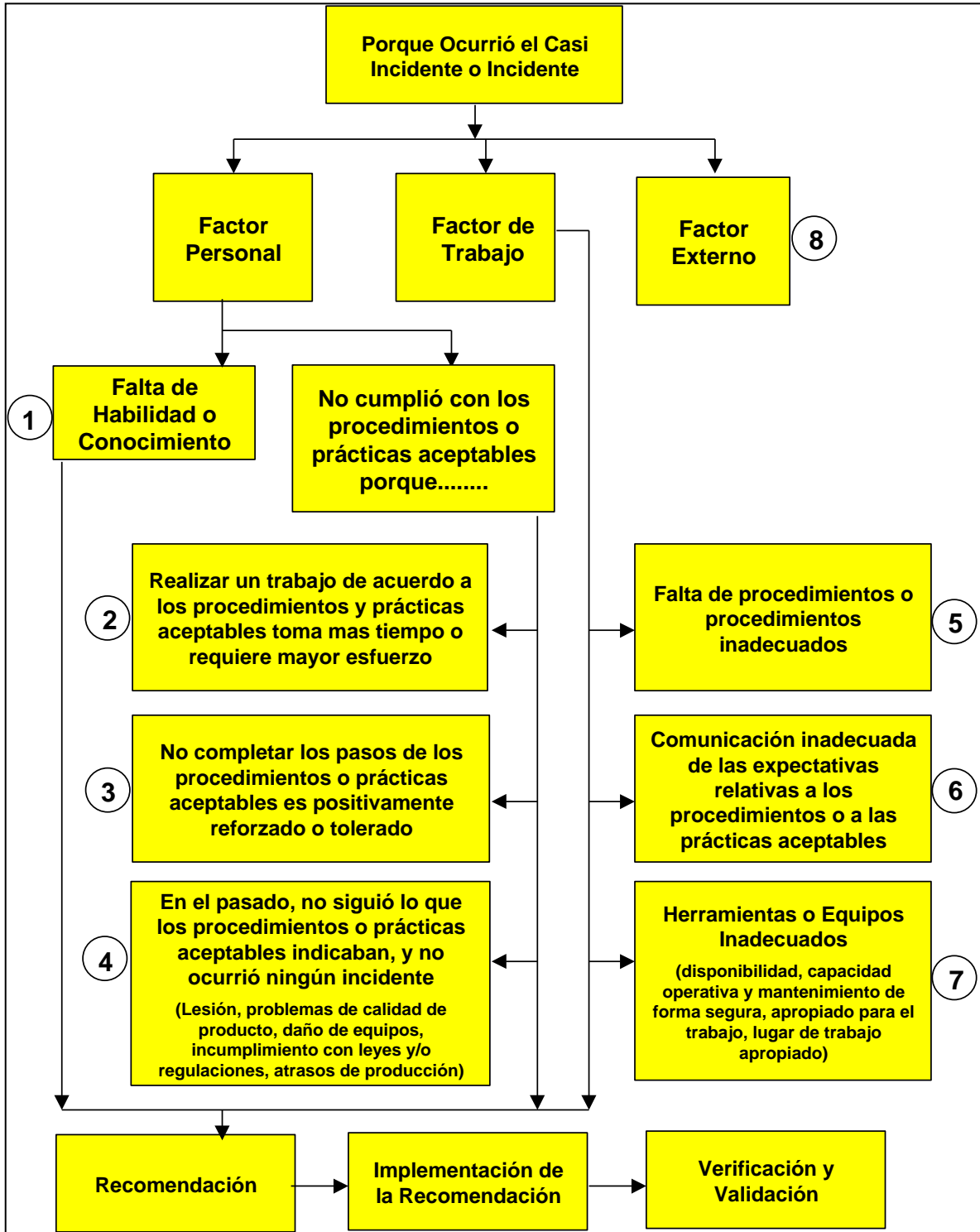
AMERICAS SOUTH
INVESTIGACION DE INCIDENTE
y CASI INCIDENTE

LINEA DE NEGOCIO:					CONTROL #	
<input type="checkbox"/> Mercadeo Combustibles - Ingeniería Detal <input type="checkbox"/> Mercadeo Combustibles - I & W Detal / Servicios Detal <input type="checkbox"/> Mercadeo Combustibles - Combustibles Marinos <input type="checkbox"/> Lubricantes y Especialidades <input type="checkbox"/> Suministro y Distribución					<input type="checkbox"/> Mercadeo Combustibles - CORS <input type="checkbox"/> Mercadeo Combustibles - Aviación <input type="checkbox"/> Mercadeo Combustibles - Administración / Servicios Compartidos <input type="checkbox"/> Refinería <input type="checkbox"/> Suministro y Distribución - Administración / Servicios Compartidos	<input type="checkbox"/> Mercadeo Combustibles - Servicio al Cliente (Flota) <input type="checkbox"/> Mercadeo Combustibles - Ventas <input type="checkbox"/> Mercadeo Combustibles - Químicos
CASI- INCIDENTE <input type="checkbox"/> INCIDENTE <input type="checkbox"/>	TIPO DE INCIDENTE <input type="checkbox"/> FATALIDAD <input type="checkbox"/> DERRAME <input type="checkbox"/> TRABAJO RESTRINGIDO <input type="checkbox"/> TRATAMIENTO MEDICO <input type="checkbox"/> CONTAMINACION <input type="checkbox"/> FUEGO <input type="checkbox"/> TIEMPO PERDIDO <input type="checkbox"/> ACCIDENTES DE VEHICULO <input type="checkbox"/> PRIMEROS AUXILIOS <input type="checkbox"/> DAÑO A LA PROPIEDAD			<input type="checkbox"/> EMPLEADO <input type="checkbox"/> CONTRATISTA <input type="checkbox"/> TERCEROS		
NOMBRE Y LUGAR DE TRABAJO DEL INDIVIDUO INVOLUCRADO			NOMBRE DE LA EMPRESA CONTRATISTA			
FECHA	HORA AM <input type="checkbox"/> PM <input type="checkbox"/>	¿DIAS HABILES? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	¿HORAS HABILES? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	¿EN PROPIEDAD COMPANIA? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		
UBICACION DEL INCIDENTE		CIUDAD	PAIS			
NUMERO DE DOCUMENTO DE IDENTIFICACION	PARTE DEL CUERPO AFECTADA	¿RELACIONADO CON EL TRABAJO? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	¿TURNO REGULAR? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	¿TRABAJO HABITUAL? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		
NOMBRE DE OTROS INDIVIDUOS INVOLUCRADOS		DIRECCION				

Fuente: elaboración propia.

El diagrama de flujo presentado en la segunda parte del formato, indica o clasifica el tipo de causa raíz, al finalizar la clasificación es necesario proponer medidas de mitigación a corto plazo, quien la debe ejecutar y el tiempo para cerrar la accidentalidad, esto es con el fin de dejar documentado todo el procedimiento de accidentalidad y a la vez contar con apoyo técnica para resolver futuros casos.

Figura 35. Análisis del equipo de investigación



Fuente: elaboración propia.

5.3.2. Actualización de normas de seguridad

La actualización de normas de seguridad debe tomar en cuenta los siguientes aspectos.

- Análisis de riesgos detectados, es necesario contar con un *score card* por departamento, esto se refiere a reportar como mínimo un riesgo detectado por el departamento de taller de moldes, esto con el fin de mitigar cualquier posible incidente, por más mínimo que parezca.
- Los incidentes y casi incidentes reportados son lo suficientemente estructurados como para atacar agresivamente la causa raíz de los problemas, las recomendaciones del equipo de investigación dan como origen la actualización de procedimientos seguros.
- Finalmente los puntos de auditoría, muchos de ellos pueden sugerir que un procedimiento no está realizándose de una manera adecuada.

CONCLUSIONES

1. Las actividades a cargo del taller de moldes se dividen en dos grupos: el primero es el cambio de moldes en los cabezales; el segundo es el mantenimiento preventivo de todas las herramientas, piezas y accesorios relacionados directamente con los moldes; todas las actividades son programadas de acuerdo a las necesidades del programa de producción (ver figura 23).
2. Para poder llegar a ejecutar todos los procesos se crearon procedimientos y programas de planificación y seguimientos, dentro de los procedimientos están: precalentamientos de moldes, cambio de moldes pequeños, cambio de moldes grandes, traslado de moldes, limpieza de moldes; finalmente dentro de los programas de planificación de actividades están: programa de planificación de producción, asignación de actividades al departamento de taller de moldes, reporte diario de producción, reporte diario de actividades realizadas y programa para el mantenimiento preventivo.
3. La estandarización de los procesos se logró a través de medir cada una de las actividades con ayuda de fichas de control, con ayuda de los programas de planificación y seguimiento; por último los indicadores son el resumen de todo el trabajo realizado que muestra si el proceso se encuentra bajo o fuera de control.
4. Se crearon los siguientes indicadores mensuales: *scrap* generado, sobrepeso en tubos, paros no programados, eficiencia de personal, accidentalidades, sistemas de gestión; éstos son la sumatoria mensual de

la información obtenida diariamente, que indican al negocio si los procesos están funcionando adecuadamente.

5. Para la actualización del programa de mantenimiento preventivo, primero se analizaron las principales razones de fallas en piezas, se determinó la cantidad de horas máquina trabajadas al momento de la falla y por último el tipo de mantenimiento a realizar; éste se programó por semanas y por tipo de cabezal.

6. La creación de indicadores de eficiencias contribuyen a la reducción de 1.03% de *scrap* generado, que representa 894 kilos de resina mensualmente de producto desperdiciado; el paro no programado disminuyó en un 35% en paros por *set up*, esto equivale a 1.14% de reducción en porcentaje total equivalente a 6 horas de producción continua finalmente los sobrepeso fueron permisibles lograron mantenerse en un 2.5%.

7. La mejora continua depende básicamente de la confiabilidad en que todos los procesos sean lo suficientemente precisos; y de la concientización del personal por desarrollar adecuadamente todos los procesos; las herramientas proporcionadas fueron las guías de cómo realizar su trabajo detalladamente, lo que se espera que realicen y finalmente los resultados deseados a obtener.

RECOMENDACIONES

1. El programa de asignación de actividades al personal de taller de moldes (ver figura 24) debe ser actualizado diariamente, ya que la tendencia de producción de tubos de PVC cambia constantemente debido a las altas o bajas demandas.
2. La actualización de los procedimientos debe realizarse constantemente, como mínimo se debe analizar y actualizar una vez por año; enfocándose específicamente en medidas de seguridad; el procedimiento de cambio de moldes pequeños y grandes debe analizarse como mínimo 2 veces por año.
3. Adicional a los indicadores mensuales, las auditorías internas alinean procesos o procedimientos que estén realizándose inadecuadamente.
4. Para el análisis mensual únicamente se debe tomar en cuenta *scrap*, sobrepeso, paros y eficiencias de personal, porcentaje de accidentalidades y gestión de calidad, ya que son normativas que el negocio exige en todos los procesos.
5. El cumplir los mantenimientos en las fechas programadas es de mayor importancia en las piezas que están relacionadas directamente con el molde como lo son los dados, candelas, calibradores, arañas y conos; una gran variación en los indicadores, ya sea positivo o negativo debe ser investigado, ya que posiblemente existan datos incorrectos; adicionales a esto el porcentaje de accidentalidades y severidades se mide de acuerdo

a la cantidad de accidentes que ocurren en un tiempo determinado, generalmente por cuatrimestre.

6. Se debe tener una política de mejora continua, ya que un programa de control de proceso nunca termina, por lo que se debe seguir recopilando, archivando y analizando la información, de esta forma se logra contribuir en la mejora de la calidad del producto.

BIBLIOGRAFÍA

1. ACABAL MEJIA, Ovidio. “Determinación de tiempos para preparación y cambio de moldes en máquinas inyectoras para accesorios de PVC y su mantenimiento preventivo”. Tesis Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006. 107 p.
2. AVALLONE, Eugene A. *Manual del Ingeniero Mecánico*. 9ª ed. Colombia: McGraw-Hill, 2005. 93 p.
3. BOLAÑOS GUDIEL, Erick Garibaldi. “Diseño, mantenimiento y reparación de moldes para inyección de plástico”. Tesis Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, 1990. 117 p.
4. CEBALLOS, Claudia G. *Manual de extrusión*. 3ª ed. México: Artes Gráficas Panorama, 2000. 66 p.
5. DELMONTE, John. *Moldeo de plásticos*. 2ª ed. Barcelona: Editoriales Tela, 2003. 92 p.
6. MORTON JONES, D.H. *Procesamientos de plásticos*. 4ª ed. México: Limusa, 2004. 125 p.
7. RAMOS DEL VALLE, Luis Francisco. *Extrusión de plástico – Principios básicos*. 2ª ed. México: Editoriales Noriega, 2002. 188 p.

8. RUBIN, Iwin. *Materiales plásticos, propiedades y aplicaciones*. México: Limusa, 2002. 275 p.

9. ULLOA FRANCO, Miguel Eduardo. “Implantación de un programa de mantenimiento preventivo para el departamento de extrusión de la empresa DURALUX, S.A.”. Tesis Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, 1999. 123 p.