

**BALANCE AMBIENTAL PARA LA PRODUCCIÓN DE UNA PIEZA DE  
FERRETERIA TIPO MANIJA EN ZAMAC EN LA EMPRESA FANTAXIAS S.A.S**

**CARLOS CESAR CABALLERO PIZA  
MARGARETH YURLEY RAMIREZ ADARME**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICOQUIMICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA  
BUCARAMANGA**

**2012**

**BALANCE AMBIENTAL PARA LA PRODUCCIÓN DE UNA PIEZA DE  
FERRETERIA TIPO MANIJA EN ZAMAC EN LA EMPRESA FANTAXIAS S.A.S**

**CARLOS CESAR CABALLERO PIZA  
MARGARETH YURLEY RAMIREZ ADARME**

Trabajo de Grado para optar al título de  
Ingeniero Químico

Director

**HUMBERTO ESCALANTE HERNANDEZ.**

P h. D. Ingeniero Químico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICOQUIMICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA  
BUCARAMANGA**

**2012**

## DEDICATORIA

*A Dios que día a día me acompañado en cada paso que he dado,  
me ha dado fortaleza y luz a lo largo de mi carrera.*

*A mis padres por su gran amor, comprensión y apoyo por compartir cada una de las experiencias vividas  
durante este largo recorrido. Gracias por ser tan especiales por el ánimo dado en cada dificultad  
encontrada y por ser ejemplo de perseverancia y responsabilidad.*

*A mi hermana Johana quien con sus consejos me ha sabido orientar en mi largo camino, gracias por la  
paciencia y el amor brindado, por escucharme y comprenderme.*

*A mis sobrinos Pipe y Steven quien son mi fortaleza, mis ganas de salir adelante y mi vida entera los  
quiero mucho.*

*A Jorge por su amor y apoyo, por ser mi compañía en este camino y mi alegría en momentos de dificultad.  
A mis profesores que con gran esfuerzo han sabido forjar una gran ingeniera, por su tiempo y dedicación  
mil gracias.*

*A mis compañeros que me han llenado de alegrías que me han acompañado en los momentos de mi vida y  
que han luchado incansablemente por alcanzar sus sueños.*

*A Carlos Caballero por su paciencia y perseverante trabajo durante este tiempo, por el apoyo  
incondicional al momento de realizar las cosas, por su cariño y amistad brindada.*

MARGARETH YURLEY RAMIREZ ADARME

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
1. INTRODUCCIÓN	17
1.1 IMPACTO AMBIENTAL POTENCIAL MEDIANTE BALANCE AMBIENTAL	18
2. METODOLOGÍA	22
2.1 APROPIACIÓN TEÓRICO PRÁCTICO DEL PROCESO DE LA FABRICACIÓN DE LA MFM.	22
2.2 DIAGRAMAS DE FLUJO DEL PROCESO PARA LA FABRICACIÓN DE MFM	23
2.3 IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREOS Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE EFLUENTES Y EMISIONES.	24
2.4 BALANCES DE MASA Y ENERGÍA	25
2.5 EL BALANCE AMBIENTAL	26
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS	27
3.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MFM EN FANTAXIAS S.A.S.	27
3.1.1 Descripción del proceso moldeo por inyección	28
3.2 BALANCE AMBIENTAL	31
3.2.1 Identificación de cargas contaminantes	31
3.2.2 Perfil Ambiental	37
4. CONCLUSIONES	41
5. RECOMENDACIONES	42

BIBLIOGRAFÍA	43
ANEXOS	46

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Estructura general de Ecobalance (Van Hoof B. et al. 2000)	19
Figura 2. Etapas en las cuales se estructuró este trabajo.	22
Figura 3. Procesos para la producción de la MFM.	27
Figura 4. Diagrama de Flujo del Moldeo por Inyección	29
Figura 5. Cargas másicas totales por vertimientos para la producción de MFM.	33
Figura 6. Emisiones en la etapa 10.	34
Figura 7. Consumo de agua en las etapas del proceso de producción de MFM.	35
Figura 8. Consumo de energía eléctrica en la producción de MFM.	36
Figura A1. Molde de acero para la fabricación de MFM.	46
Figura A2. Proceso de Elaboración del Molde.	51
Figura A3. Fresadora en FANTAXIAS S.A.S.	52
Figura A4. Rectificadora en FANTAXIAS S.A.S.	53
Figura A5. Electroerosionadora en FANTAXIAS S.A.S.	54
Figura A6. Horno para temple en FANTAXIAS S.A.S.	55
Figura B1. Moldeo por Inyección	61
Figura B2. Horno tipo crisol en FANTAXIAS S.A.S.	62
Figura B3. Inyectora en FANTAXIAS S.A.S.	62
Figura B4. Esquema del balance de masa en el horno.	66
Figura B5. Esquema del balance de energía en el horno.	68
Figura C1. Preparación Mecánica	70
Figura C2. Imagen, etapa de pulido 1.	71
Figura C3. Taladro TRUPER modelo TAL-5/8 X 13 en FANTAXIAS S.A.S.	71
Figura D1. Vibradora SWECO modelo TFM serie EMD 2.51R .	78

Figura D2. Proceso de Recubrimiento Electrolítico en la elaboración de MFM.	79
Figura E1. Embalaje de la MFM.	88

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Variables y/ó Parámetro para caracterización fisicoquímica de efluentes, emisiones y vertimientos en FANTAXIAS S.A.S.	24
Tabla 2. Etapas involucradas en los procesos para fabricación de MFM.	28
Tabla 3. Balance de masa y energía del Moldeo por Inyección.	29
Tabla 4. Características fisicoquímicas de las emisiones en proceso de Moldeo por Inyección. (EMI10)	31
Tabla 5. Corrientes de las etapas con mayor aporte de contaminación.	32
Tabla 6. Etapas de la producción de MFM con mayor aporte de contaminación y consumos de recursos.	38
Tabla 7. Perfil ambiental para indicadores intermedios y finales para el proceso de producción de MFM basado en la metodología de Jolliet O. y Penninton D., 2001.	39
Tabla A1. Balance de masa y energía de la elaboración del molde.	56
Tabla A2. Materias primas usadas en el proceso I.	59
Tabla A3. Propiedades Fisicoquímicas	60
Tabla B1. Balance de masa y energía del moldeo por inyección.	63
Tabla B2. Composición química de las materias primas	64
Tabla B3. Propiedades fisicoquímicas de las materias primas.	64
Tabla B4. Características fisicoquímicas de las emisiones del Moldeo por Inyección.	65
Tabla B5. Datos obtenidos por el Sistema Integrado de Emisiones.	66
Tabla B6. Composición de gas natural considerada para el balance de masa en el horno.	67
Tabla B7. Composición molar de gas natural obtenida del balance.	67
Tabla B8. Composición del gas natural reportada pos Gasorienté.	68
Tabla C1. Propiedades químicas de las materias primas.	72

Tabla C2. Propiedades fisicoquímicas de las materias primas.	73
Tabla C3. Balance de masa y energía de la preparación mecánica	75
Tabla D1. Balance de masa y energía del Proceso IV.	80
Tabla D2. Propiedades fisicoquímicas de los insumos del Proceso IV.	83
Tabla D3. Caracterización fisicoquímica de la etapa 16.	83
Tabla D4. Caracterización fisicoquímica de la etapa 17.	84
Tabla D5. Caracterización fisicoquímica de la etapa 18.	84
Tabla D6. Caracterización fisicoquímica de la etapa 19.	84
Tabla D7. Caracterización fisicoquímica de la etapa 22.	85
Tabla D8. Caracterización fisicoquímica de la etapa 23.	85
Tabla D9. Caracterización fisicoquímica de la etapa 24.	85
Tabla D10. Caracterización fisicoquímica de la etapa 27.	86
Tabla D11. Caracterización fisicoquímica de la etapa 28.	86
Tabla E1. Balance de masa y energía.	88

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Proceso I (Elaboración del Molde)	46
Anexo B. Proceso II (Moldeo por Inyección)	61
Anexo C. Proceso III (Preparación Mecánica)	70
Anexo D. Proceso IV (Recubrimiento Electrolítico)	77
Anexo E. Proceso V (Embalaje)	88
Anexo F. NOMENCLATURA	90
Anexo G. Manija de Ferretería Para Muebles	97

## RESUMEN

**TÍTULO:** BALANCE AMBIENTAL PARA LA PRODUCCIÓN DE UNA PIEZA DEFERRETERÍA TIPO MANIJA EN ZAMAC EN LA EMPRESA FANTAXIAS S.A.S.\*

**AUTORES:** Carlos César Caballero Piza;MargarethYurley Ramírez Adarme.\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Balance ambiental, manija de ferretería para mueble (MFM), emisiones, efluentes,vertimientos, perfil ambiental.

### DESCRIPCIÓN:

El presente trabajo consistió en la realización de un balance ambiental para la producción de manijas de ferretería para muebles en la empresa FANTAXIAS S.A.S. Los objetivos fueron: a) Estudiar e identificar todos los procesos que se llevan a cabo para la fabricación de la MFM, b) generar una base de datos que incluya todas las entradas y salidas de masa (materias primas, subproductos y productos) y energía durante el proceso de fabricación de la MFM, c) evaluar, con base en la normatividad ambiental, los estados de los efluentes, vertimientos y emisiones del proceso y d) determinar qué etapas del proceso productivo de las piezas de ferretería inciden en mayor grado sobre el medio ambiente. Para ello se hizo un estudio teórico práctico de todos los procesos que intervienen en la fabricación de la MFM, se realizaron todos los diagramas de flujo de los procesos y se identificaron los puntos de salidas de efluentes, vertimientos y emisiones. Dado a su posible carga contaminante se tomó muestra y se procedió a realizar una caracterización fisicoquímica. Finalmente se elaboró el balance ambiental con ayuda de balances de masa y energía para todas las etapas del proceso de producción de MFM. Se cuantificaron las materias primas, insumos, subproductos y productos por unidad de MFM. Los resultados mostraron que las etapas 22 y 27 que corresponden a etapas inmediatas del cobrizado y niquelado respectivamente son las que aportan mayor carga contaminante (2 kg de Cu y 0,8 kg de CN en la etapa 22 y 4 Kg de Ni en la etapa 27) por producción anual de MFM. Este tipo de contaminantes en el agua produce efectos nocivos para la salud humana y daños en el ecosistema.

---

\*Trabajo de grado.

\*\*Facultad de Ingenierías fisicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Doctor Humberto Escalante Hernández.

## ABSTRACT

**TITLE:** ENVIRONMENTAL BALANCE FOR THE PRODUCTION OF A PIECE OF HARDWAREHANDLE TYPE IN ZAMACAT FANTAXIAS S.A.S. COMPANY.\*

**AUTHORS:** Carlos César Caballero Piza;MargarethYurley Ramírez Adarme.\*\*

**KEYWORDS:** Environmental balance, hardware handles for furniture (HHF/MFM), emissions, effluents, dumping, environmental profile.

### SUMMARY:

This work consisted in the performance of an environmental balance for the production of hardware handles for furniture at FANTAXIAS S.A. S company. The objectives were: a) Studying and identifying all the processes that are carried out for the fabrication of HHF/MFM, b) generating a database that includes all the inputs and outputs of mass (raw materials, by-products and products) and energy during the manufacturing process of the HHF/MFM, c) evaluating, based on environmental regulations, the states of effluents, dumping and emissions of the process d) determining the stages of production of the pieces of hardware that impact in greater degree on the environment. For these objectives a practical theoretical study of all the processes involved in the manufacture of the HHF/MFM was made, also, all flowcharts of processes were presented, and effluents, dumping and emissions output points were identified. Because of its potential pollutant load, samples have been taken and proceeded to perform a physic-chemical characterization. Finally environmental balance was elaborated using mass and energy balances for all stages of production process of HHF/MFM. Raw materials were quantified, as well as inputs, products and by-products per unit of HHF/MFM. The results showed that the stages 22 and 27 which correspond to immediate stages respectively copper plating and nickel plating, are those that provide higher pollutant load (2 kg of Cu and 0.8 kg of CN in step 22 and 4 kg of Ni in step 27) for annual production of HHF/MFM. This type of pollutants in the water cause harmful effects to human health and damage to the ecosystem.

---

\* Graduation project.

\*\* Physicochemical Faculty. Chemical Engineering School. Director: Doctor Humberto Escalante Hernández.

## 1. INTRODUCCIÓN

FANTAXIAS S.A.S. es una empresa Santandereana productora de herrajes y artículos de ferretería para la decoración. Estos productos se venden en todo el territorio nacional y se exportan a México, Guatemala, Honduras, Puerto Rico, República Dominicana, Costa Rica, Venezuela, Ecuador y Chile (Guerrero y Romero, 2006). En la línea de ferretería FANTAXIAS S.A.S. produce manijas, patas julias, percheros y botones entre otros. Con respecto a las manijas de ferretería para muebles (MFM) se producen en promedio 1137,25Kg manija/mes (Departamento de producción FANTAXIAS S.A.S., 2012).

La elaboración de la manija incluye etapas de moldeo, fundición, pulido, recubrimiento electrolítico y terminado. En el moldeo se diseña el prototipo, se realiza el mecanizado de las cavidades y tratamiento térmico. En la fundición el zamac se somete a 470°C y se introduce al molde por medio de la inyectora de alta presión que expulsa 7 manijas junto con el sistema de llenado por ciclo de inyección. En el pulido se utilizan lijas y vibradoras que usan un abrasivo para eliminar asperezas o defectos de la superficie. En el recubrimiento electrolítico la pieza es sometida a baños de cobre y níquel con el fin de otorgarle protección contra la corrosión, superficie dura y acabado atractivo. El terminado consiste en darle el brillo adecuado a las piezas.

El proceso de elaboración de la manija genera efluentes, vertimientos y emisiones que contienen diferentes concentraciones de compuestos contaminantes. Por ejemplo, en el área de galvanoplastia en sus efluentes hay concentraciones de metales como Cobre, Zinc y Níquel de hasta 1167,93ppm y concentraciones de cianuros de 5574,28ppm (Ballesteros E. y Martínez R., 2007). La etapa de pulido genera vertimientos cuyas concentraciones de grasas y aceites llegan a 691,200ppm (Ruíz M., 2011). En la fundición las emisiones tienen concentraciones

de 870ppm y 500ppm en monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno respectivamente (Gordillo G. y Valero R., 2005).

Estos estudios muestran que la empresa sobrepasa los límites permisibles tanto de vertimientos como de emisiones y los diagnósticos que ha hecho no han sido valorados y por ello desconoce el impacto ambiental.

Por lo anterior, FANTAXIAS S.A.S. está interesada en conocer y evaluar el nivel de agresividad que los procesos productivos para la fabricación de MFM están ocasionando al medio ambiente mediante la realización de un balance ambiental al proceso para llevar a cabo el impacto ambiental potencial (IAP). Una vez obtenido el IAP, se podrá iniciar el desarrollo de estrategias que permitan plantear buenas prácticas empresariales que ayuden a minimizar la afectación al medio y a largo plazo estructurar y diseñar cambios para hacer el proceso más sostenible.

Para realizar el balance ambiental a las MFM se requiere: a) Estudiar e identificar todos los procesos que se llevan a cabo para la fabricación de la MFM, b) generar una base de datos que incluya todas las entradas y salidas de masa (materias primas, subproductos y productos) y energía durante el proceso de fabricación de la MFM, c) evaluar, con base en la normatividad ambiental, los estados de los efluentes, vertimientos y emisiones del proceso y d) determinar qué etapas del proceso productivo de las piezas de ferretería inciden en mayor grado sobre el medio ambiente y recomendar buenas prácticas que permitan realizar el proceso sostenible.

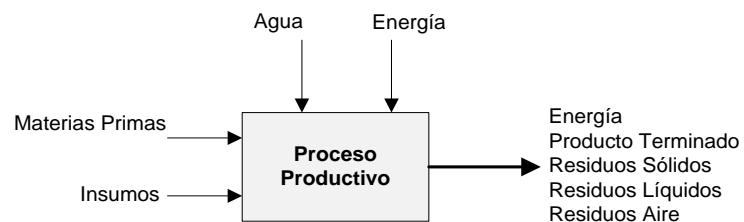
## **1.1 IMPACTO AMBIENTAL POTENCIAL MEDIANTE BALANCE AMBIENTAL**

Para hacer un impacto ambiental potencial (IAP) existen numerosos métodos pero ninguno por sí sólo puede ser utilizado para satisfacer la variedad y el tipo de actividades que intervienen en un estudio de impacto. Los métodos más usados

por lo general son los más sencillos, incluso analogías, listas de verificación, opiniones de expertos (dictámenes profesionales), balances ambientales y matrices, etc. Además los métodos de IAP pueden no tener aplicabilidad uniforme en todos los países debido a diferencias en su legislación (Chargoy J. et al., 2009).

El balance ambiental es una herramienta utilizada para la identificación de las áreas del proceso productivo que requieren de intervención para mejorar el desempeño ambiental, incluyendo la producción de insumos y energía y el consumo de productos y subproductos. La intervención ambiental se orienta a las unidades físicas de producción. El proceso de producción es el punto de partida del balance ambiental ecobalancey la función principal, es acoplar y organizar datos para evaluar estrategias de prevención de la contaminación, reducción de costos, administración ambiental y financiera (Velazco N. *etal.*, 2000). El ecobalance es un método estructurado para reportar los flujos hacia el interior y el exterior de recursos, materia prima, energía, productos, subproductos y residuos que ocurren en una organización en particular y durante un cierto período de tiempo (ver figura 1).

Figura 1. Estructura general de Ecobalance (Van Hoof B. et al. 2000)



De acuerdo a Tobón O. y Hoyos P., 2009, en un ecobalance se evalúan e identifican aspectos ambientales de los materiales, la energía, consumo de productos y subproductos en el proceso productivo. Posteriormente se asignan las

entradas y salidas (insumos, desechos, productos, etc.) a las distintas unidades del proceso de producción y finalmente se identifican los impactos ambientales de las actividades que no están directamente relacionadas con el proceso de producción.

Para realizar un ecobalanceo un balance ambiental Chacón J., 2008, sugiere usar balances de masa y energía que permiten identificar, cuantificar y caracterizar los diferentes impactos ambientales durante el proceso de obtención de un bien o un servicio; se han utilizado en las últimas décadas para: a) Evaluar impactos ambientales potenciales (IAP) en las cadenas productivas, b) tomar acciones correctivas en los procesos que están impactando gravemente el ambiente, y c) evaluar la amigabilidad del proceso.

En Muñoz S., 1995, los balances de masa y energía se emplearon para evaluar el IAP del proceso de mecanizado de piezas metálicas de ferretería, teniendo en cuenta las características de desgaste y los flujos de lubricante. Para el análisis fue necesario cuantificar los flujos energéticos, velocidad del proceso, flujo de masa de la pieza principal, efectos de la formación de viruta de corte, duración de la herramienta debido al desgaste, etc. La evaluación mostró que la utilización de energía en los procesos de mecanizado depende en gran medida del diseño de la pieza, selección de material y de la puesta a punto del fluido de corte.

Para determinar el IAP generado en el efluente de agua de una Planta de Tratamiento de Agua Residual Municipal (PTARM) García et al., 2010, realizaron balances de masa y energía mostrando como resultado una disminución de la eutrofización después del tratamiento del agua y un aumento en la contribución al calentamiento global por la planta con efluente sin tratar causada por el consumo de energía. Los cálculos de balance de materia y energía están basados inicialmente en inventarios de condiciones ya existentes.

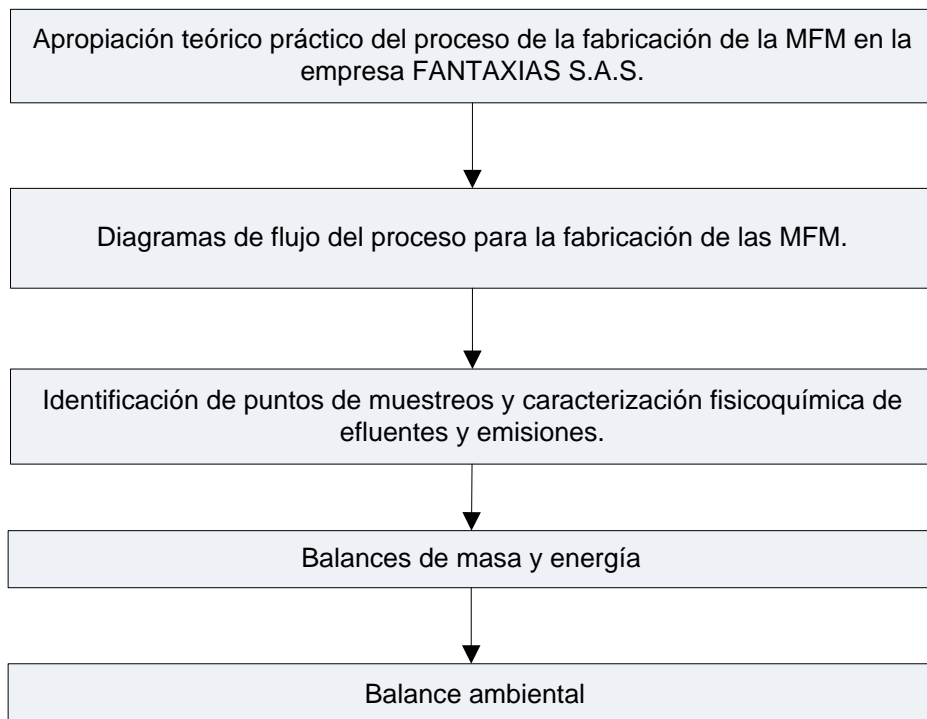
SegúnChargoy J. et al., 2009, los inventarios son usados en los procesos de IAP en el contexto de las emisiones de contaminación al aire, al agua, y la generación de residuos sólidos y peligrosos.El inventario implica la recopilación de los datos y de los procedimientos de cálculo para identificar y cuantificar las entradas y salidas pertinentes de un sistema del producto.

La ISO 14040, 2007, dice que la realización de un análisis de inventario es un proceso iterativo. A medida que se recopilan los datos y se aprende más sobre el sistema, se pueden identificar nuevos requisitos o limitaciones, que requieran cambios en los procedimientos de recopilación de datos. Es posible clasificar los datos en las siguientes categorías: a) Entradas de energía, materias primas y complementarias. b) Productos, subproductos y desechos. c) Emisiones al aire, descargas al agua y suelo. d) Otros aspectos ambientales.La recolección de datos puede efectuarse a través de mediciones, cálculos o estimaciones.

## 2. METODOLOGÍA

Las etapas que se llevaron a cabo para el balance ambiental de las MFM se esquematizan en la figura 2.

Figura 2. Etapas en las cuales se estructuró este trabajo.



### 2.1 APROPIACIÓN TEÓRICO PRÁCTICO DEL PROCESO DE LA FABRICACIÓN DE LA MFM.

Mediante una serie de visitas a FANTAXIAS S.A.S., se comprendió el proceso para la elaboración de las piezas metálicas. Se identificaron las etapas del proceso, los tipos de equipos, materias primas y productos. Con base en esta información y con el apoyo de una revisión bibliográfica, se hizo la descripción conceptual de estas etapas (naturaleza física y química de los subprocesos).

## **2.2 DIAGRAMAS DE FLUJO DEL PROCESO PARA LA FABRICACIÓN DE MFM**

FANTAXIAS S.A.S. no tiene estandarizados sus procesos, no existen diagramas de flujo, no se tiene información sobre entradas y salidas de corrientes secundarias. La empresa tiene organizada sus actividades en un sistema muy básico que no le permite cuantificar las materias primas, insumos, productos y subproductos para un proceso en particular. Por lo anterior fue necesario realizar todos los diagramas de flujo de los procesos, identificar los puntos de salidas de efluentes, vertimientos y emisiones. Para realizar esta actividad se tuvo en cuenta:

- Identificar y cuantificar las masas de materias primas, insumos, productos y subproductos.
- Identificar operaciones unitarias y unidades de operación, incluyendo las variables de proceso.
- Realizar un registro periódico de las variables de operación (temperaturas, flujos, masas, densidades, etc.) en cada etapa del proceso.
- Evaluar a nivel de laboratorio caracterizaciones fisicoquímicas de efluentes y emisiones.
- Recopilar información histórica sobre: producción, consumo de energía, agua, y gas.
- Elaborar una base de datos, en Excel, con la información recopilada.

### 2.3 IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREOS Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE EFLUENTES Y EMISIONES.

Con base en el análisis conceptual de los procesos, realizados en cada etapa, se identificó una serie de puntos estratégicos para ser muestreados; dado su posible carga contaminante. Seguidamente se revisó el histórico de la empresa, para constar si la corriente había sido caracterizada. En caso contrario se tomó muestra y se procedió a realizar una caracterización fisicoquímica.

La caracterización fisicoquímica incluyó las variables: densidad, pH, cianuros, metales (Cu, Ni, Zn y Al), aceites y grasas y se realizó de acuerdo a las normas técnicas establecidas (Tabla 1).

Tabla 1. Variables y/o Parámetro para caracterización fisicoquímica de efluentes, emisiones y vertimientos en FANTAXIAS S.A.S.

Variable ó Parámetro	Unidades	Técnica	Equipo
pH	Unidades de pH	ASTM D 1293-01	pH meter Toledo MP 120 Metter Toledo
Temperatura	°C	ASTM E1-58	Termómetro
Densidad	g/ml	ASTM D-854	Picnómetro
Cianuro	ppm	Titrimétrico / SM 4500 –CN'D	Sistema de Destilación. Titulador Automático Titrimo 7516 PA Metrohm
*Grasas y Aceites	ppm	USEPA Hexane Extractable Gravimetric Method	-----

Variable ó Parámetro	Unidades	Técnica	Equipo
Metales	ppm	ASTM Standards Vol 11-01. 1986	Espectrómetro S711682 V1.27
NO	ppm	EPA EMTIC CTM 022, CTM-03, & CTM-034	ENERAC Modelo 700 Sistema Integrado de Emisiones
CO, CO <sub>2</sub> , C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	ppm	25B EPA Apéndice A40CFR60	
NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub>	ppm	EPA 40CFR75	
Corriente Volumétrica de la chimenea	CFM	2 EPA Método 2C, Apéndice A - 40CFR60	

\*Análisis de las muestras en el Centro Integrado de Laboratorios de Ingeniería Química (CILIQ) de la Universidad Industrial de Santander.

## 2.4 BALANCES DE MASA Y ENERGÍA

Para la realización del balance de masa y energía se tuvo en cuenta:

- Definir como unidad funcional una manija, expresada como masa en gramos.
- Definir las corrientes de entrada y salida en cada proceso y unidad de operación.
- Cuantificar, en función de la masa de la MFM, los insumos, materias primas, productos y subproductos para cada proceso, unidad de operación, ayudándose de la caracterización fisicoquímica.
- Corroborar que las entradas y salidas de insumos, efluentes, vertimientos, subproductos y productos son coherentes (Balance global y parcial de masa).

- Para las unidades de operación de FANTAXIAS S.A.S., no se realizó un balance de energía completo. Para efectos de evaluar el impacto ambiental de los procesos, sólo se llegó hasta calcular los consumos de energía eléctrica y química (combustión de gas natural en hornos).

## **2.5 EL BALANCE AMBIENTAL**

El balance ambiental del proceso de fabricación de la MFM en FANTAXIAS S.A.S. se realizó así:

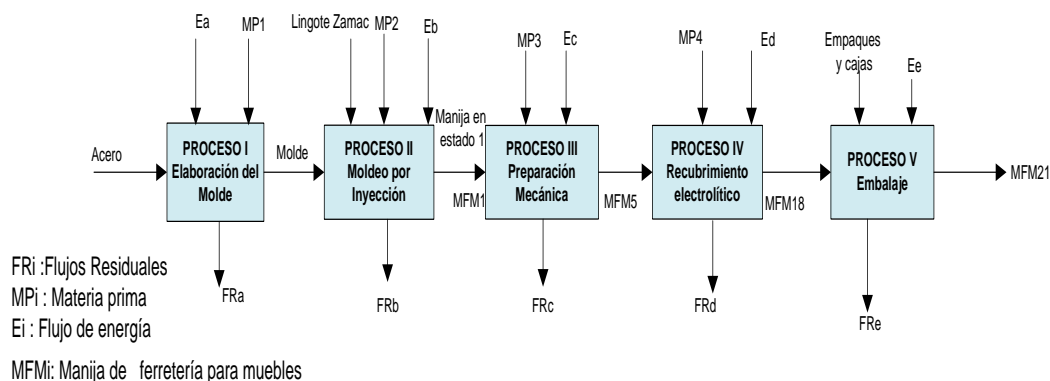
- A partir del balance de masa se identificaron los volúmenes y cargas de efluentes, vertimientos y emisiones.
- La caracterización fisicoquímica de los efluentes, vertimientos y emisiones, se evaluó versus la normatividad ambiental para este tipo de descargas.
- Se identificaron las cargas contaminantes mediante los balances de masa y energía permitiendo obtener un balance de cargas ambientales y se representaron gráficamente de acuerdo a Sonneman G., 2002.
- Mediante el perfil ambiental se identificaron los aportes de contaminación, se utilizó la metodología aplicada por Herrera I., 2004, a través del perfil de impacto se tuvieron en cuenta las siguientes categorías: a) Indicadores de presión, b) puntos intermedios, c) puntos finales. A partir de los indicadores de presión se obtuvieron categorías de interés o áreas de protección: 1) Salud Humana, 2) Recursos naturales y 3) Ecosistema.

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 3.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MFM EN FANTAXIAS S.A.S.

El proceso de producción de MFM involucra las etapas de elaboración del molde, moldeo por inyección, preparación mecánica, recubrimiento electrofítico y embalaje (Figura 3).

Figura 3. Procesos para la producción de la MFM.



El diagrama de flujo, el balance de masa, balance de energía y características fisicoquímicas de los efluentes, vertimientos y emisiones, para cada uno de los procesos se presenta en los anexos 1, 2, 3, 4 y 5. Adicionalmente, en este apartado se presenta un listado de las etapas de los cinco procesos (Tabla 2). Todas las corrientes de entrada y salida del proceso están enumeradas de acuerdo a la etapa a la cual pertenecen.

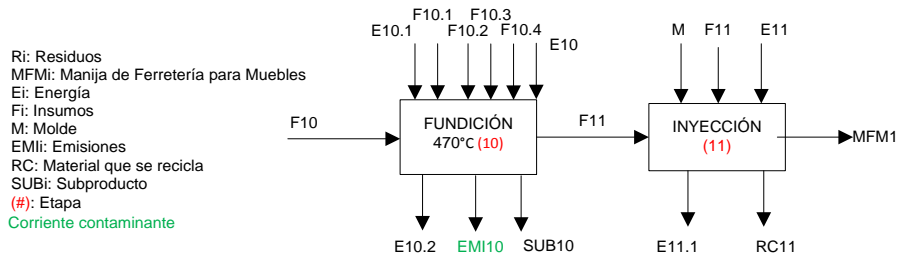
Tabla 2.Etapas involucradas en los procesos para fabricación de MFM.

Proceso	Etapa		Proceso	Etapa	
	#	Descripción		#	Descripción
I Elaboración del Molde	1	Fresado I	IV Recubrimiento Electrolítico	16	Desengrase
	2	Rectificación I		17	Enjuague 1
	3	Maquinado I		18	Neutralizado 1
	4	Temple		19	Enjuague 2
	5	Rectificación II		20	Cobrizado
	6	Pulido		21	Enjuague 3
	7	Rectificación III		22	Enjuague 4
	8	Fresado II		23	Neutralizado 2
	9	Rectificación IV		24	Enjuague 5
II Moldeo por Inyección	10	Fundición		25	Niquelado
	11	Inyección		26	Enjuague 6
III Preparación Mecánica	12	Pulido I		27	Enjuague 7
	13	Montaje		28	Enjuague 8
	14	Pulido II		29	Secado
	15	Secado		V Embalaje	30
			31	Empacado	

### 3.1.1 Descripción del proceso moldeo por inyección

En este apartado, a manera de ejemplo se expone el anexo B, correspondiente a la descripción del proceso moldeo por inyección; el cual comprende diagrama del proceso (Figura 4), balance de masa y energía (Tabla 3) y características fisicoquímicas de las emisiones del horno (Tabla4).

Figura 4. Diagrama de Flujo del Moldeo por Inyección



Este proceso comprende la fundición del zamac que se lleva a cabo en un horno tipo crisol y la inyección en cámara fría. En el horno la materia prima es llevada de un estado sólido a un estado líquido, por medio del aporte de calor proporcionado por energía eléctrica y combustible (gas natural).

Luego el zamac, en estado líquido se introduce dentro del molde a alta velocidad, la cual es producida por un pistón que es empujado por un sistema hidráulico. Para realizar este procedimiento la inyectora está dotada de un sistema de bombas de flujo y válvulas hidráulicas, que son las encargadas de producir y regular el flujo del líquido hidráulico, para generar el movimiento que lleve la aleación al interior de la cavidad del molde. De forma similar ya solidificada es expulsada la pieza junto con el sistema de llenado, el cual después de ser separado de las MFM son reciclados siendo agregados nuevamente al horno.

Tabla 3. Balance de masa y energía del Moldeo por Inyección.

Corriente	Descripción	L/MFM	g/MFM	Temperatura (°C)	Estado	kJ/MFM
F10.1	Apartagas H7 (Desgasificante)	-	1,941E-03	25	Sólido	-
F10.2	Rejuva	-	2,747E-02	25	Sólido	-
F10.3	Gas natural	2,9395E+05	2,246E+05	25	Gaseoso	-
F10.4	Aire	1,487E+06	1,754E+06	25	Gaseoso	-
E10	Energía requerida por el horno	-	-	-	-	3,61

Corriente	Descripción	L/MFM	g/MFM	Temperatura (°C)	Estado	kJ/MFM
F10	Lingotes de Zamac	8,518E-03	5,622E+01	25	Sólido	-
SUB10	Escoria (90% zamac para reciclar y 10% *subproducto)	-	2,849E+00	25	Sólido	-
EMI10 ***	Gases de combustión	4,636E+03	5,885E+05	304	Gaseoso	-
M	Molde	1,850E+01	1,452E+05	25	Sólido	-
F11	Zamac fundido	8,087E-03	5,337E+01	470	Líquido	-
RC11	Zamac para reciclar	3,844E-03	2,537E+01	25	Sólido	-
MFM1	Manija en estado 1	4,243E-03	2,800E+01	25	Sólido	-
E11	Energía requerida por inyectora	-	-	-	-	3,80
E10.1	Energía que aporta el combustible	-	-	-	-	2.816.338**
E10.2	Energía útil + Energía disipada	-	-	-	-	2.816.342
E11.1	Energía útil + Energía disipada	-	-	-	-	3,8052

\*Óxidos de Zn, Al, y Mg. Se vende a la industria agrícola.\*\*Los puntos separan los miles \*\*\*En este proceso la corriente más contaminante es la EMI10.

Por medio del balance de masa y energía se cuantificó el consumo de materias primas, insumos, subproductos y productos por unidad de MFM. El zamac es una aleación compuesta por: Zn, Al, Cu, Fe, Cd, Si, Mg, Ni, Pb y Sn. El compuesto en mayor proporción es el Zn (aproximadamente 90%). El apartagases un compuesto formado por hexafluoroetano y minerales como el cuarzo (mayor cantidad). La presencia de hexafluoroetano remueve el hidrógeno disuelto en el crisol del horno. El oxígeno presente en el desgasificante reduce la formación de cloruros (Garrido A. y Sánchez V., 2011). La rejuva es un insumo útil para separar la escoria que se va formando durante la fundición. La escoria está compuesta por zamac, óxidos de Zn, aluminio, magnesio y cobre. La combustión del gas natural en el horno genera emisiones, las cuales se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Características fisicoquímicas de las emisiones en proceso de Moldeo por Inyección. (EMI10)

Compuesto	Concentración (ppm)	Valor (g/MFM)	*Límite Normativo (ppm)
CO <sub>2</sub>	106.909	495.631	-
CH <sub>4</sub>	15	69	0,050
NO	72	335	0,550
NO <sub>2</sub>	4	18	0,550
SO <sub>2</sub>	435	2.015	0,550
**CO	9.333	43.269	80

\* Resolución 909 5JUN 2008\*\*Resolución 1208 de 2003

Las concentraciones de CO, CH<sub>4</sub>, NO, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> sobrepasan los límites permisibles y pueden ser causantes de smog fotoquímico, lluvia ácida y calentamiento global, principalmente. El smog fotoquímico hace énfasis a la formación de compuestos oxidantes en la atmósfera debido a la reacción del CH<sub>4</sub> y de los NOx. La lluvia ácida es causada por el dióxido de azufre y posiblemente por la emisión de NOx junto con ácido clorhídrico gaseoso. Debido al aumento del nivel de dióxido de carbono en la atmósfera se produce el sobrecalentamiento global ocasionando también cambio climático (Spiegel J. y Maystre L. 2000).

### 3.2 BALANCE AMBIENTAL

#### 3.2.1 Identificación de cargas contaminantes

De acuerdo a los balances de masa y energía de cada proceso se identificaron las etapas con mayor aporte de contaminación. Lo anterior permite seleccionar las etapas y las corrientes residuales a tener en cuenta en el balance ambiental (Tabla5).

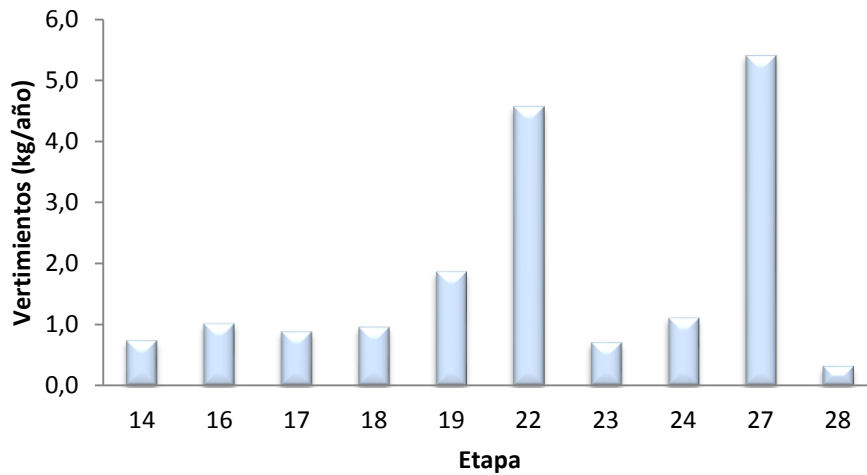
Tabla 5. Corrientes de las etapas con mayor aporte de contaminación.

Proceso	Etapa	Corriente	Contaminantes (ppm)												
			**Vertimientos						Emisiones						
			Cu	Ni	*G.A	Al	CN	Zn	CO2	CO	SO2	NO	NO2	CH4	
Moldeo por Inyección	Fundición	EMI10	-	-	-	-	-	-	-	106.909	9.333	434,55	72,18	3,7989	14,879
Preparación Mecánica	Pulido 2	EFT14	103,14	-	691,2	418,5	-	74,84	-	-	-	-	-	-	-
Recubrimiento electroлитico	Desengrase	EFT16	1,3901	0,4852	183	29,391	0,035	687,73	-	-	-	-	-	-	-
	Enjuague 1	EFT17	0,7399	5,6529	159,96	-	-	6,5796	-	-	-	-	-	-	-
	Neutralizado I	EFT18	0,8019	6,6785	146,52	-	0,012	194,26	-	-	-	-	-	-	-
	Enjuague	EFT19	0,8638	4,8047	143,55	-	0,008	32,559	-	-	-	-	-	-	-
	Ejuague 4	EFT22	215,02	6,8245	141,91	-	76,6	1,3587	-	-	-	-	-	-	-
	Neutralizado II	EFT 23	24,737	146,55	135,91	-	46,5	15,196	-	-	-	-	-	-	-
	Enjuague 5	EFT24	6,6842	47,85	122,45	-	38,04	0,705	-	-	-	-	-	-	-
	Enjuague 7	EFT 27	-	349,7	113,04	-	0,073	0,5859	-	-	-	-	-	-	-
	Enjuague 8	EFT 28	-	21,617	-	-	0,12	2,9869	-	-	-	-	-	-	-

\*Grasas y aceites\*\*Flujos residuales en estado líquido

Para cada una de las corrientes contaminantes (Tabla 5), se cuantificaron las cargas másicas que se generan por año, con el objetivo de identificar cual es el vertimiento con mayor aporte (Figura 5).

Figura 5. Cargas másicas totales por vertimientos para la producción de MFM.

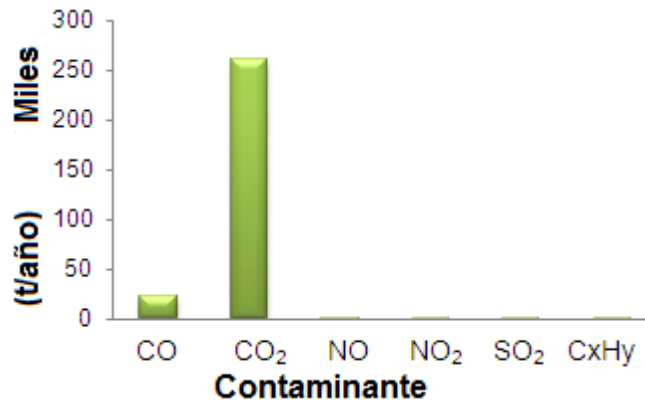


Los vertimientos se generan en casi todas las etapas del proceso IV, de acuerdo a la Figura 5, la etapa 27 genera la mayor cantidad; aunque la etapa 22 tiene una carga másica muy similar. Para saber cuál aporta más contaminación se debe tener en cuenta su caracterización fisicoquímica. Estos efluentes provienen del mismo proceso; se descargan al alcantarillado sin ningún tipo de tratamiento ni segregación. Se caracterizan por el contenido de metales como el Zn, Cu y Ni (Anexo D). La presencia del Zn causa el desprendimiento de la aleación Zamac por estar en mayor proporción en ella. Las cantidades de cobre y níquel se deben al arrastre de material. También hay presencia de grasas y aceites provenientes del desengrase, cianuros, sales y sustancias orgánicas debido a las materias primas e insumos del proceso.

La etapa 27 tiene la concentración más alta de níquel por motivo del arrastre de material, teniendo en cuenta que esta etapa corresponde al enjuague inmediatamente después del níquelado. Mientras que la etapa 22 se caracteriza por contener la mayor cantidad de cianuros del proceso ya que corresponde al enjuague inmediatamente después del cobrizado.

Con respecto a las emisiones, la etapa de fundición es la única del proceso de producción de MFM que genera contaminación al aire. Por lo anterior se cuantificaron las cargas másicas totales por contaminante (Figura 6).

Figura 6. Emisiones en la etapa 10.



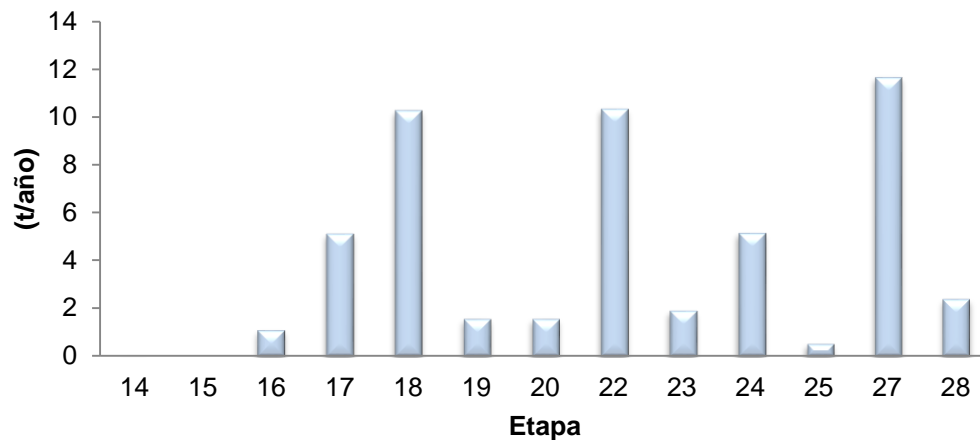
En la Figura 6 se evidencia que la carga másica total de CO<sub>2</sub> es muy alta comparada con los demás contaminantes. Un exceso de aire bastante alto favorece la oxidación de CO para la formación de CO<sub>2</sub> (Análisis de gases de combustión en la industria, TESTO, 2007). Teniendo en cuenta lo anterior se podría decir que el horno crisol utilizado en FANTAXIAS S.A.S. está operando con un exceso de aire muy alto. Aunque de acuerdo a lo reportado por el Sistema Integrado de Emisiones ENERAC 700 el exceso de aire en el horno es del 4,42%. El valor recomendado para este tipo de hornos es entre un 15-20% en exceso de aire (Márquez M. 1989). Por otro lado, el volumen de exceso de aire está limitado para minimizar la pérdida de energía a través de la emisión de los gases de combustión calientes a la atmósfera.

Las cargas másicas de SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> no son representativas. Se ha considerado que la presencia del SO<sub>2</sub> se debe a la oxidación del odorizante C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>S (Spotleak 1013 Arkema, 2004). Sin embargo, Gasorient no reporta la

presencia de azufre en sus compuestos. El nitrógeno que reacciona proviene del gas natural, y se consideró que 95% de los NOx corresponden al NO y el restante al NO<sub>2</sub> (López J. 2006). Se consideró que el metano, por estar en mayor proporción en el gas natural es el hidrocarburo presente en los gases de chimenea (Anexo B).

Por medio del balance de masa se cuantificó el consumo de agua anual, con el objetivo de conocer cuál etapa es la que representa el mayor consumo en el proceso de producción de MFM (Figura7).

Figura 7. Consumo de agua en las etapas del proceso de producción de MFM.



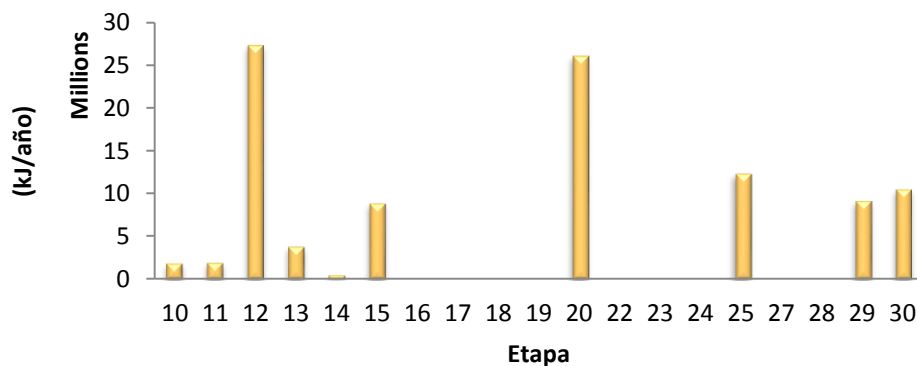
La Figura 7, indica que hay tres etapas (18, 22 y 27) que tienen un consumo de agua alto y similar. La etapa 18 corresponde al neutralizado I, su alto consumo se debe a la necesidad de mantener la concentración adecuada de ácido sulfúrico en el tanque, ya que de esta depende la eliminación de la capa de óxidos que se ha formado sobre la superficie de la MFM una vez que ha sido tratada o lavada en sucesivas etapas.

La etapa 22 corresponde al enjuague 4, se caracteriza porque el tiempo de permanencia de las piezas (MFM) es mayor que en otras etapas debido a la concentración elevada de los insumos de su etapa anterior (Cobrizado). Mientras las piezas están pasando por el enjuague 4 las válvulas de agua están abiertas para así remover de la superficie de la MFM mayor cantidad de material, haciendo que el enjuague sea más eficiente.

La etapa 27 (enjuague7) representa el mayor consumo másico de agua, y está inmediatamente después del enjuague recuperador (etapa 26) de níquel. En esta etapa también es muy importante el tiempo de permanencia de la MFM en el tanque; ya que el objetivo de este enjuague es evitar el arrastre de los insumos provenientes de las etapas previas. El níquelado tiene en sus insumos sales, ácidos, bases y aditivos para brillo. Para que el proceso sea eficiente, y obtener una MFM de mejor calidad, el tiempo de permanencia de la MFM es mayor que en los demás enjuagues.

Se cuantificó el consumo de energía eléctrica en kilojulios por año para estimar que etapa está consumiendo más energía y que problemas de eficiencia puede tener. (Figura 8).

Figura 8. Consumo de energía eléctrica en la producción de MFM.



La Figura 8, señala que la etapa 12 es la que involucra mayor consumo de energía. Esta etapa corresponde al proceso de preparación mecánica específicamente al pulido manual, el cual, para su funcionamiento requiere un motor eléctrico que hace girar un eje en donde van sujetas las lijas. El alto consumo se debe a que la operación de pulido es pieza por pieza y requiere un tiempo de 36 segundos por MFM, lo que representa ineficiencia en el proceso y la necesidad de varios operarios.

La otra etapa con alto consumo de energía es el cobrizado (20), en la cual, para mantener el proceso a las adecuadas condiciones de temperatura y voltaje requiere de un consumo de energía eléctrica; en el niquelado el consumo de energía es menor debido a que utiliza una resistencia que involucra un menor consumo y a que el tiempo de operación en esta etapa es aproximadamente 25 minutos menor que en el cobrizado.

### **3.2.2 Perfil Ambiental**

Por medio de la metodología propuesta por Herrera I., 2004, se logró:

- Seleccionar los aspectos a evaluar obtenidos mediante los indicadores de presión, intermedios, finales y categorías de interés o áreas de protección.
- Identificar de forma general las etapas que aportan mayor contaminación ambiental (Tabla 6) para el proceso de producción de MFM.
- Finalmente se determinaron las etapas que aportan mayor cantidad de las variables involucradas en los vertimientos y emisiones del proceso de producción de MFM mediante el perfil ambiental recomendado por Jolliet O. y Penninton D., 2001 (Tabla 7).

Tabla 6. Etapas de la producción de MFM con mayor aporte de contaminación y consumos de recursos.

<b>Etapas</b>	<b>Proceso</b>	<b>Resultado del Balance (Indicador de presión)</b>	<b>Indicador Final</b>	<b>Categoría</b>
27	Recubrimiento Electrolytico	Vertimiento de metales, cianuro, grasas y aceites	Toxicidad y Extinción de especies	Efectos nocivos en la Salud Humana y Daños en el Ecosistema
		Agua (Consumo Ton/año)	Extinción de especies	Daños en el ecosistema
10	Fundición	Gas Natural (Consumo)	Agotamiento de recursos	Reducción de recursos naturales
		Emisiones	Aumento nivel de océanos	Daños en el ecosistema
12	Preparación Mecánica	Energía Eléctrica	Agotamiento de recursos	Reducción de recursos naturales

En la Tabla 6 se indica que las etapas 27,10 y 12 hacen referencia a las etapas que aportan mayor flujo másico en vertimientos, consumo de agua, gas natural y energía en el proceso de fabricación de MFM; de acuerdo a los indicadores y categorías establecidos fueron clasificados.

Con el objetivo de conocer las etapas más contaminantes del proceso y ayudado de la caracterización fisicoquímica se realizó un perfil ambiental para la producción de MFM (Tabla 7).

Tabla 7. Perfil ambiental para indicadores intermedios y finales para el proceso de producción de MFM basado en la metodología de Jolliet O. y Penninton D., 2001.

Aspecto	Valor (mayor cantidad)	Etapa	Indicadores Intermedios							Indicadores Finales						Categoría de interés			
			Acidificación	Cambio Climático	Contaminación al suelo	Niebla (Smog)	Eutrofización	Disminución de caudales	Efecto Invernadero	Contaminación de aguas	Lluvia ácida, destrucción de áreas	Cáncer	Aumento nivel océanos	Toxicidad	Proliferación de algas	Extinción de especies	Problemas respiratorios	Daños en el ecosistema	Efectos nocivos en la Salud Humana
<b>Emisiones</b>																			
CO (kg/año)	22.713.470	10						X								X		X	
CO <sub>2</sub> (kg/año)	260.172.509			X								X					X		
NO (kg/año)	175.656						X							X			X		
NO <sub>2</sub> (kg/año)	9.245						X							X			X		
SO <sub>2</sub> (kg/año)	1.057.504			X			X		X		X					X	X	X	
CxHy (kg/año)	36.209								X							X		X	
<b>Vertimientos</b>																			
Agua (t/año)	12	27						X							X		X		
Cu (kg/año)	2	22							X				X					X	
Ni (kg/año)	4	27							X		X		X					X	
Zn (kg/año)	0,8	16							X				X		X		X	X	
Al (kg/año)	0,2	14							X				X		X		X	X	
Cianuro (kg/año)	0,8	22							X				X		X		X	X	
Aceites y grasas (kg/año)	1,5	19							X						X		X		

En la tabla 8, el perfil ambiental permite confirmar que las etapas más contaminantes del proceso son las etapas 22 y 27.

La etapa 22 está generando la mayor cantidad de vertimientos en Cu y CN, además de ser una de las etapas con mayor carga másica en sus vertimientos. La contaminación por la presencia del Cu y CN en el agua, provoca daños en el ecosistema y efectos nocivos para la salud humana.

La etapa 27 representa la mayor carga másica en los vertimientos, pero también es la que aporta mayor contaminación con níquel, considerado como sustancia cancerígena y tóxica con efectos nocivos para la salud humana.

Por lo expuesto arriba, se puede decir que el proceso que aporta mayor contaminación es el del recubrimiento electrolítico de las MFM.

Cabe aclarar que los vertimientos se encuentran en estado líquido, no solo están formados por metales (Cu, Zn, Ni y Al), cianuros, grasas y aceites, sino que también contienen sustancias orgánicas, sales, bases y metales provenientes de los insumos y del proceso de recubrimiento de piezas en hierro y latón que también se procesan en FANTAXIAS S.A.S.

Debido a las condiciones de trabajo en la planta, no fue posible adaptar todo el proceso de recubrimiento electrolítico únicamente para la MFM, ya que esto implicaría una renovación total en los tanques para todas las etapas, detener la producción de otras piezas y grandes pérdidas económicas a la empresa.

#### 4. CONCLUSIONES

- El recubrimiento electrolítico a partir de baños alcalinos cianurados y de sales de níquel (sulfatos y cloruros) es el proceso más contaminante en la producción de la manija de ferretería para muebles.
- Las etapas más contaminantes de la producción de manijas de ferretería para muebles son el enjuague 7 (etapa 27) y el enjuague 4 (etapa 22) que corresponden a etapas inmediatas del niquelado y cobrizado respectivamente.
- La etapa 27 representa la mayor carga másica en los vertimientos y aporta la mayor contaminación con níquel (4 kg de Ni por año), considerado como sustancia cancerígena y tóxica con efectos nocivos para la salud humana.
- La etapa 22 posee en sus vertimientos por año 2 kg de Cu y 0,8 kg de CN. La contaminación por la presencia de cobre y cianuro en el agua, provoca daños en el ecosistema y efectos nocivos para la salud humana.

## 5. RECOMENDACIONES

- Se sugiere a la empresa FANTAXIAS S.A.S. estandarizar el proceso de producción de manijas de ferretería para muebles durante sus etapas con el fin de disminuir el consumo de materias primas.
- Implementar equipos para la medición de caudales, flujos máxicos, temperaturas, concentraciones y demás variables de proceso en todas las etapas de producción de manijas de ferretería para muebles.
- Calcular eficiencias energéticas en los equipos involucrados en la producción de manijas de ferretería para muebles, con el objetivo de complementar los balances de energía para reducir el gasto de esta en el proceso.
- Es muy importante que FANTAXIAS S.A.S. tenga en cuenta la realización de balance ambiental para identificar las etapas que deben ser modificadas con el fin de hacerlo más amigable al medio ambiente.

## BIBLIOGRAFÍA

BALLESTEROS E. y MARTINEZ R. Diseño de alternativas para la oxidación de metales presentes en los efluentes de la empresa de electrorrecubrimientos FANTAXIAS LTDA: Universidad Industrial de Santander, 2007.

CHACON J. Historia ampliada y comentada del análisis de ciclo de vida (ACV). Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería N° 72, Octubre-Diciembre 2008.

CHARGOY J. et al. Generación de Inventarios para el Análisis de Ciclo de Vida de cemento, block, bovedilla, vigueta y ladrillo en la zona centro de México. Universidad de las Américas Puebla, Escuela de Ingeniería Química y Alimentos, 2009.

CNPMLTA. Guía de producción más limpia para el sector de recubrimientos electrolíticos en Colombia.

GARCÍA J. y RODRÍGUEZ A. HERRERA, I. *Análisis de ciclo de vida de una planta de tratamiento de aguas residuales municipales*. Publicación del Centro de Investigaciones en Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México, 2010.

GORDILLO G. y VALERO R. Evaluación de pérdidas energéticas en la planta de fundición de la Empresa de Herrajes Fantaxias Ltda. Universidad Industrial de Santander 2005.

GUERRERO A. y ROMERO L. Evaluación de la Carga Contaminante de las Vertientes Líquidas de la Empresa de Herrajes Fantaxias Ltda. Universidad Industrial de Santander, 2006. Tesis de Pregrado.

HERRERA I. Desarrollo metodológico de evaluación ambiental en el análisis de procesos. Universitat Rovira i Virgili. Departament d'Enginyeria Química, 2004, Tesis doctoral.

JIMÉNEZ B. La contaminación ambiental en México. Causas, efectos y tecnología apropiada. 2005.

JOLLIET, O., PENNINTON, D., TORs of the definition study of the LCIA Programme in the UNPE-SETAC Life Cycle Initiative. EPFL Lausanne, Switzerland. (2001).

LOPÉZ J. Estudio de la formación de NOx en generadores de vapor que queman combustóleo y gas natural. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Instituto Politécnico Nacional. México, 2006.

MANCERA N. y ÁLVAREZ R. Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia. Departamento de Producción Animal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, 2005.

MÁRQUEZ, M., Combustión y Quemadores, MARCOMBO, S.A., Barcelona, 1989. 11-17p.

MUÑOZ S. *An analytical approach for determining the environmental impact of machining processes.* Department of Mechanical Engineering, University of California, Berkeley, USA. *Journal of Materials Processing Technology*, Volumen 53, 1995, p 730-740.

OJEDA T. Manual de análisis de aguas. Instituto Tecnológico Superior de Irapuato. Departamento de Ingeniería Bioquímica 2004.

RUIZ M. Propuesta tecnológica para el tratamiento de aguas residuales provenientes del proceso de pulido en masa realizado en la empresa de galvanoplastia FANTAXIAS S.A.S: Universidad Industrial de Santander. 2011.

SÁNCHEZ, V. y GARRIDO, A., Determinación de la metodología para la obtención de la aleaciones de aluminio de fundición maquinable sin porosidades. Proyecto previo para la obtención del título ingeniero mecánico. Escuela politécnica Nacional, Quito. 2011. 94-98p.

SONNEMAN, G..Environmental Damage Estimation in Industrial Process Chains.Ph.D Tesis, UniversitatRoviraiVirgili, Spain.(2001)

SPIEGEL J. y MAYSTRE L. Control de la contaminación ambiental, 2000.

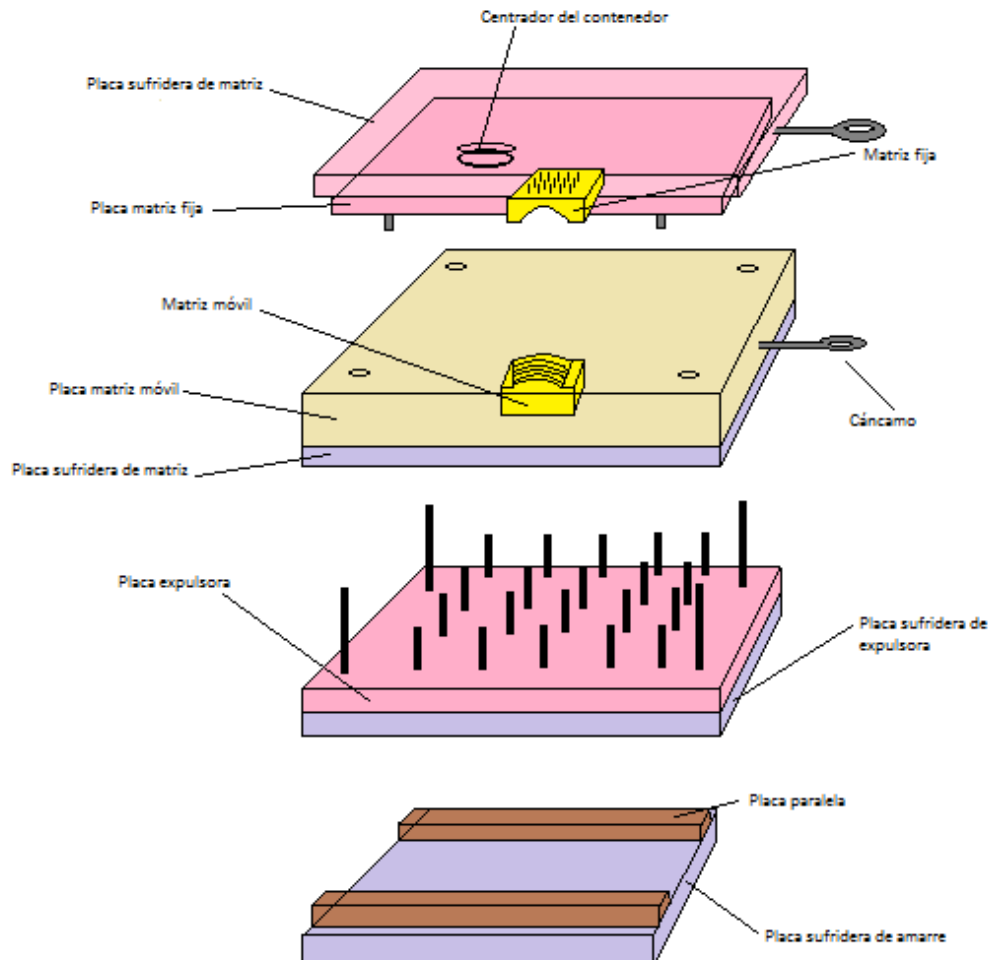
TESTO, Análisis de gases de combustión en la industria. Segunda edición, 2007.

## ANEXOS

### Anexo A. Proceso I (Elaboración del Molde)

La elaboración del molde de acero (Figura A1) inicia desde uno prefabricado enviado a la empresa FANTAXIAS S.A.S. desde Bogotá. Partiendo del molde prefabricado se le van haciendo modificaciones y ajustes necesarios en cada una de las placas y al final se obtiene el molde definitivo para las MFM.

Figura A1. Molde de acero para la fabricación de MFM.



El molde es una parte muy importante en el proceso de inyección, porque es el encargado de dar forma y calidad a las piezas.

Los moldes de inyección generalmente están formados por dos mitades llamadas parte fija o de inyección y parte móvil o de expulsión.

Parte fija o de inyección: Se llama así porque es la parte del molde que no se mueve cuando la inyectora realiza todos sus movimientos. Está sujeta al plato fijo de la máquina y es donde apoya el cilindro de inyección de la misma. Esto se hace por el lado contrario a la zona donde está definida la cavidad de la pieza, por donde se introduce en el molde el zamac fundido.

Parte móvil o de expulsión: Es la parte que está sujeta al plato móvil de la máquina y se mueve solidariamente con éste. De forma general, cada una de las partes descritas está formada por el conjunto de elementos mostrados en la figura A2. A continuación se pasan a describir los elementos principales de cada una de las dos partes del molde:

**Parte fija del molde:**

- Placa Sufridera de matriz o placa base: Es una placa de dimensiones adecuadas para que queden espacios libres por donde se podrá sujetar mediante bridas al plato fijo de la máquina. Esta placa es lo suficientemente gruesa para evitar deformaciones.
- Placa matriz o placa porta figuras: Existen en ambas mitades. Son las placas donde están las figuras de la manija como postizos ajustados en la misma. Estos postizos definen en su interior las cavidades de las piezas y de los canales de llenado, uno es hembra (matriz fija) y otro macho (matriz móvil).

- Centrador: Sirve para centrar el molde en la máquina. Es circular y sobresale de la placa base para entrar con bastante ajuste en el plato fijo de la máquina. Así, una vez centrado el molde, el cilindro de inyección de la máquina coincide con el orificio por donde tiene que entrar el zamac fundido en el molde.
- Bebedero, canales de distribución y entradas: Estos elementos son los huecos creados en el molde, que sirven para que el zamac fundido que viene del cilindro de inyección de la máquina, pueda llegar a través de ellos hasta los huecos que tienen la forma de la pieza.
- Circuitos de refrigeración: Ambas partes del molde tienen una serie de circuitos, en el interior de la placa porta figuras o en los postizos que tienen las figuras de la pieza, por donde pasa el líquido refrigerante y trabajando la máquina de forma continúa en tiempo de un ciclo determinado, se establece un equilibrio entre la cantidad de calor que se suministra al molde con el zamac fundido y la cantidad de calor que se le quita al molde con el líquido refrigerante.
- Guías o columnas del molde: Ambas partes del molde tienen un sistema de guías en una parte y de agujeros en la otra, de alto nivel de ajuste, que aseguran el perfecto acoplamiento de las partes, evitando movimientos de una parte respecto a la otra cuando recibe la presión del zamac fundido que llega a las cavidades. Permite también el poder realizar los ajustes finos de ambas partes, en las fases de construcción o reparación del molde.

### **Parte móvil del molde:**

- Placa sufridera o palca base: Al igual que para la parte fija, sirven para su sujeción mediante bridas u otros elementos de fijación al plato móvil de la

máquina de inyección. Lleva unos canales por donde el zamac fundido hace su recorrido hasta llegar al porta figuras.

- Placa expulsora: Es una placa que lleva los expulsores y los recuperadores. Va guiada y se encuentra flotante en un determinado espacio dentro de esta mitad del molde. Su misión consiste en extraer la pieza, por medio de los expulsores que están unidos a ella, cuando el vástago de expulsión de la máquina hace la presión sobre ella. Mediante los recuperadores se lleva a la placa expulsora a la posición de inicio en el momento del cierre de ambas mitades.
- Placas paralelas o Regles: Son bloques rectangulares de acero, sujetos a la placa matriz fija mediante tornillos. Crean un espacio central entre la placa matriz y la placa sufridera de amarre, por donde se desliza mediante guías la placa expulsora.
- Expulsores: Son de forma cilíndrica. Tienen un extremo unido a la placa expulsora y formando el otro parte de la superficie del molde en contacto con el zamac. Este último extremo hace de transmisor directo de los esfuerzos de la extracción sobre la pieza alojada en la cavidad del molde.
- Recuperadores: Son varillas cilíndricas de mayor tamaño que los expulsores, ubicadas fuera del área de la pieza del molde y su misión es evitar que los expulsores dañen el molde cuando se cierran ambas mitades. Se asegura así una recuperación de la placa expulsora y de los expulsores hasta su posición inicial.
- Salida de gases: Son pequeños desajustes creados de forma precisa en el molde que están situados principalmente en las terminaciones del llenado de las piezas. Permiten que el aire que hay en los huecos de la cavidad a llenar, junto con los gases que se generan en la inyección, pueden salir del molde al

exterior. Estas salidas son de tal tamaño que permiten que salgan los gases pero no el zamac.

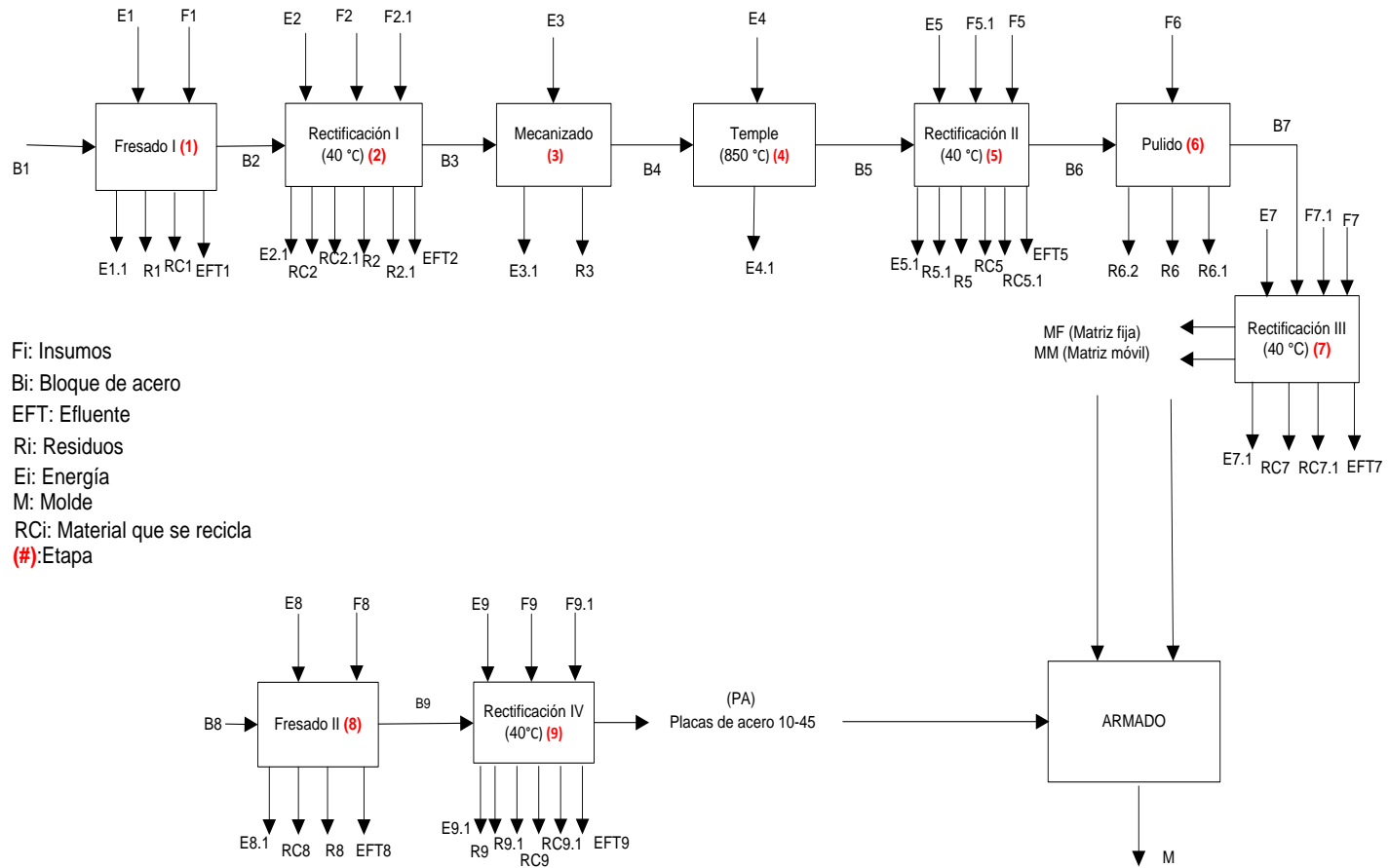
- Agujeros roscados y cáncamos: El molde posee en todas sus placas agujeros roscados suficientemente grandes para la colocación de cáncamos, que son utilizados durante el manejo en el taller.

A continuación se comenta brevemente el proceso de fabricación del molde, que pasa por las siguientes fases:

- a) Planificar la fabricación del molde: Se diseña el molde y sus elementos (geometrías, ajustes y materiales). Se define al detalle el plan de operaciones de fabricación del molde.
- b) Suministrar y preparar recursos de fabricación para el molde: Se obtienen y preparan los recursos necesarios (humanos, instalaciones, equipos, materiales, herramientas, etc.) para llevar a cabo la fabricación del molde. Para ello se utiliza como entrada el plan de operaciones de fabricación del molde.
- c) Mecanizar el molde: Comprende el mecanizado de las cavidades (fundamentalmente por arranque de viruta (fresado, rectificado) y electroerosión (maquinado)), pulido, y tratamiento térmico.
- d) Montar y ajustar el molde: En esta actividad se ensamblan todos los componentes del molde. El montaje se puede dividir en las siguientes etapas: montaje de cavidades, montaje del sistema de expulsión, montaje de la cámara y cierre del molde.

En la Figura A2 se esquematiza el proceso de elaboración del molde.

Figura A2. Proceso de Elaboración del Molde.



En la elaboración del molde están involucradas las etapas de fresado, rectificado, temple, maquinado y pulido. En el fresado mediante una fresadora (Figura A3) de nombre Hartford modelo 3k VII serie 88 02 85 se realiza el corte preliminar del bloque de acero prefabricado por arranque de viruta mediante el movimiento de una herramienta rotativa de varios filos denominada fresa.

Figura A3. Fresadora en FANTAXIAS S.A.S.



En el rectificado se realiza el mecanizado por abrasión, permite ajustar detalles porque es de mayor precisión dimensional. El rectificado se realiza antes y después del temple. Para esta etapa se usa una rectificadora (Figura A4) de nombre BOYAR-SCHULTZ modelo SIX-TWELVE serie 4876 que utiliza discos abrasivos.

Figura A4. Rectificadora en FANTAXIAS S.A.S.



El Maquinado consiste en ajustar el portafiguras (las cavidades con la forma de la MFM) y se realiza en una electroerosionadora (Figura A5) de nombre YAWJET ZNC EDM modelo Y-505 ZNC serie 557044, posee un sistema que permite la automatización del proceso, alta precisión, velocidad y calidad de los acabados.

Figura A5. Electroerosionadora en FANTAXIAS S.A.S.



Otra etapa de este proceso es el temple, que consiste en llevar el acero del portafiguras a una temperatura de 850 °C durante 8 horas en un horno eléctrico (Figura A6).

Figura A6. Horno para temple en FANTAXIAS S.A.S.



La Figura 6 presenta un el horno eléctrico para el temple, que proporciona al acero las propiedades adecuadas de resistencia mecánica, dureza, resistencia a la fatiga, resistencia al impacto y resistencia a la fatiga por flexión.

En la Tabla A1 se presenta el balance ambiental de la elaboración del molde.

Tabla A1. Balance de masa y energía de la elaboración del molde.

Corriente	Descripción	L/molde	g/molde	Temperatura (°C)	Estado	kJ/molde
E1	Energía requerida por la fresadora, Fresado I	-	-	-	-	19.73
F1	Taladrina	5,0	5250	25	Líquido	-
B1	Bloque de acero 23-63	1,9	15647	25	Sólido	-
R1	Residuos de acero 23-63	0,8	6944	25	Sólido	-
EFT1	Efluente de taladrina	1,3310E-02	13,98	25	Líquido	-
RC1	Taladrina para reciclar	4,9867	5236	25	Líquido	-
E1.1	Energía útil de la fresadora + Energía disipada	-	-	-	-	19.73
E2	Energía requerida por la rectificadora, Rectificación I	-	-	-	-	1.0
B2	Bloque de acero 23-63 estado A	1,1	8703	25	Sólido	-
F2	Taladrina	5,0	5250	25	líquido	-
F2.1	Disco abrasivo	-	1800	25	Sólido	-
RC2	Taladrina para reciclar	4,9	5248	25	Líquido	-
RC2.1	Disco abrasivo para reciclar	-	1799	25	Sólido	-
R2	Residuo acero 23-63 estado A	3,8217E-03	30	25	Sólido	-
EFT2	Efluente de taladrina	1,4468E-03	1,52	25	Líquido	-
R2.1	Residuo de disco abrasivo	-	0,52	25	Sólido	-
E2.1	Energía útil de la rectificadora + Energía disipada	-	-	-	-	1.0
E3	Energía requerida por la electroerosionadora (Mecanizado)	-	-	-	-	178.451
B3	Bloque de acero 23-63 estado B	1,1	8673	25	Sólido	-
R3	Residuos de acero 23-63	0,058	459	25	Sólido	-
E3.1	Energía útil de la electroerosionadora + Energía disipada	-	-	-	-	178.451
E4	Energía requerida por el horno, para el temple	-	-	-	-	74.880
B4	Bloque de acero 23-63 estado C	1,04	8213	25	Sólido	-
E4.1	Energía útil del horno + Energía disipada	-	-	-	-	74.880

Corriente	Descripción	L/molde	g/molde	Temperatura (°C)	Estado	kJ/molde
B5	Bloque de acero 23-63 estado D	1,04	8.213	25	Sólido	-
F5	Taladrina	5	5.250	25	Líquido	-
F5.1	Disco Abrasivo	-	1.800	25	Sólido	-
R5	Residuo de acero 23-63	0,0025	20	25	Sólido	-
RC5.1	Disco Abrasivo para reciclar	-	1.799	25	Sólido	-
RC5	Taladrina para reciclar	4,9	5.248	25	Líquido	-
R5.1	Residuo de disco abrasivo	-	0,43	25	Sólido	-
EFT5	Efluente de taladrina	1,2054E-03	1,27	25	Líquido	-
E5	Energía requerida por la rectificadora, Rectificación II	-	-	-	-	837,7
E5.1	Energía útil de la rectificadora + Energía disipada	-	-	-	-	837,7
B6	Bloque de acero 23-67 Estado E	1,04	8.193	25	Sólido	-
F6	Esmeril tipo lija para el pulido manual	1,8821E-02	73,40	25	Sólido	-
R6	Residuos de papel de lija	1,5333E-02	59,80	25	Sólido	-
R6.1	Residuos acero 23-63	1,0191E-03	8	25	Sólido	-
R6.2	Residuos de esmeril tipo lija	3,4872E-03	13,60	25	Sólido	-
B7	Bloque de acero 23-67 Estado F	1,0428	8.185	25	Sólido	-
E7	Energía requerida por la rectificadora en la rectificación III	-	-	-	-	16086,8
E7.1	Energía útil de la rectificadora + Energía disipada	-	-	-	-	16086,8
F7	Taladrina	5	5.250	25	Líquido	
F7.1	Disco Abrasivo	-	1.800	25	Sólido	
RC7	Taladrina para reciclar	4,9	5.243	25	Líquido	
RC7.1	Disco abrasivo para reciclar	-	1.791	25	Sólido	
EFT7	Efluente de taladrina	5,7870E-03	6,08	25	Líquido	
R7	Residuos de acero 23-63	2,3682E-02	185	25	Sólido	
R7.1	Residuos de disco abrasivo	-	8,33			
MM	Matriz móvil	0,76	6.000	25	Sólido	
MF	Matriz fija	0,25	2.000	25	Sólido	

Corriente	Descripción	L/molde	g/molde	Temperatura (°C)	Estado	kJ/molde
E8	Energía requerida por la fresadora para el Fresado II	-	-	-	-	21.449
E8.1	Energía útil+Energía disipada	-	-	-	-	21.449
B8	Bloque de acero 10-45	18,38	144.301	25	Sólido	-
F8	Taladrina	5	5.250	25	Líquido	-
RC8	Taladrina para reciclar	4,9855	5.234	25	Líquido	-
EFT8	Efluente de taladrina	1,4468E-02	1.5,19	25	Líquido	-
R8	Residuos de Acero 10-45	0,9	7.065	25	Sólido	-
E9	Energía requerida para la rectificación IV	-	-	-	-	4021,70
E9.1	Energía útil + Energía disipada	-	-	-	-	4021,70
B9	Bloque de acero 10-45 estado A	17,48	137.236	25	Sólido	-
F9	Taladrina	5	5.250	25	Líquido	-
F9.1	Disco abrasivo	-	1.800	25	Sólido	-
RC9	Taladrina para reciclar	4,9	4.683	25	Líquido	-
RC9.1	Disco Abrasivo para reciclar	-	1797,92	25	Sólido	-
R9	Residuos de acero 10-45	4,5860E-03	36	25	Sólido	-
R9.1	Residuos de disco abrasivo	5,3419E-04	2,08	25	Sólido	-
EFT9	Efluente de taladrina	5,7870E-03	567	25	Líquido	-
PA	Placas acero 10-45	17,47	137.200	25	Sólido	-
	2 Placas paralelas	0,0018	14,40	25	Sólido	-
	Placa posterior fija	0,0023	18,20	25	Sólido	-
	Placa posterior móvil	0,0023	18,20	25	Sólido	-
	Sufridera del molde	0,0035	27,40	25	Sólido	-
	Sufridera de expulsores	0,0010	8,00	25	Sólido	-
	Sufridera porta expulsores	0,0010	7,80	25	Sólido	-
	Placa matriz fija	0,0028	21,60	25	Sólido	-
	Placa matriz móvil	0,0028	21,60	25	Sólido	-
M	Molde	18,49	145.200	25	Sólido	-

La elaboración del molde dura alrededor de 20 días, no genera contaminación de gran impacto al medio ambiente ni en el ámbito de salud ocupacional, debido a que los efluentes de taladrina, los residuos de acero, lijas y discos abrasivos son mínimos (689g/molde aproximadamente) . El molde tiene una vida útil por encima de los 20 años porque es sometido a mantenimiento y reparaciones periódicas luego de cada turno de trabajo. El acero es reutilizado en la fabricación de nuevos moldes y piezas para herramientas. El consumo de energía oscila entre los 316.465kJ. La Tabla A2 presenta la composición de las materias primas e insumos.

Tabla A2. Materias primas usadas en el proceso I.

MATERIAS PRIMAS	Propiedades Químicas		
	Incompatibilidad	Composición Química	Composición Porcentual
<b>Taladrina</b>	_____	Compuesto en base a un aceite mineral o sintético y aditivos (antiespumantes, aditivos extrema presión, antioxidantes, biocidas, solubilizadores, inhibidores de corrosión.).	Aceite mineral o sintético = 20% Emulgentes = 30% Agua = 40% Aditivos varios = 10%
<b>Acero 23-63</b>	_____	Único compuesto para la elaboración de la matriz fija y la matriz móvil del molde.	Carbono = 1,0%; Cromo = 5,3%; Molibdeno = 1,1%; Vanadio = 0,2%
<b>Esmeril</b>	_____	Está compuesta mayormente del mineral corindón (óxido de aluminio), mezclado con otras variedades como espinales, hercinita y magnetita y también rutilo (titania). También puede contener magnesia, mullita y sílice.	_____
<b>Disco Abrasivo</b>	_____	Compuesto por Sílice (CO <sub>2</sub> ), carbonato de sodio (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ) y cal (CaCO <sub>3</sub> ).	_____
<b>Acero 10-45</b>	_____	Único compuesto para la elaboración de las placas del molde.	Carbono = 0,43/0,50 % Manganeso = 0,60/0,90 % Fósforo máx. = 0,40 % Azufre máx. = 0,50 % Silicio = 0,20/0,40 %

La Tabla A3 presenta algunas propiedades fisicoquímicas de las materias primas e insumos de la elaboración del molde.

Tabla A3. Propiedades Fisicoquímicas

<b>MATERIAS PRIMAS</b>	<b>pH</b>	<b>Peso específico efectivo</b>	<b>Color</b>	<b>Estado físico</b>	<b>Punto de inflamación</b>
<b>Taladrina</b>	8,5 - 9,5	1,0 - 1,1 g/ml	Marrón	Líquido	No inflamable
<b>Acero 23-63</b>	—	<7,850> g/ml	Gris	Sólido	No inflamable
<b>Esmeril</b>	—	<3,9> g/ml	Negro	Sólido	—
<b>Acero 10-45</b>	—	<7,850> g/ml	Gris	Sólido	No inflamable

## Anexo B. Proceso II (Moldeo por Inyección)

Este proceso se presenta en la Figura B1. Comprende la fundición del zamac que se lleva a cabo en un horno tipo crisol (figura B2) y la inyección en cámara fría en una inyectora (Figura B3) de nombre ZITAI modelo ZDC-100T V2BP-PNC serie A607/007. En el horno el zamac es llevado desde un estado sólido a un estado líquido, por medio del aporte de calor proporcionado por energía eléctrica y combustible (gas natural).

Luego el zamac, en estado líquido (470 °C) se introduce dentro del molde a alta velocidad, la cual es producida por un pistón que es empujado por un sistema hidráulico. Para realizar este procedimiento la inyectora está dotada de un sistema de bombas de flujo y válvulas hidráulicas, que son las encargadas de producir y regular el flujo del líquido hidráulico, para generar el movimiento que lleve la aleación al interior de la cavidad del molde. De forma similar ya solidificado es expulsada la pieza junto con el sistema de llenado, el cual después de ser separados son reciclados siendo agregados nuevamente al horno.

Figura B1. Moldeo por Inyección

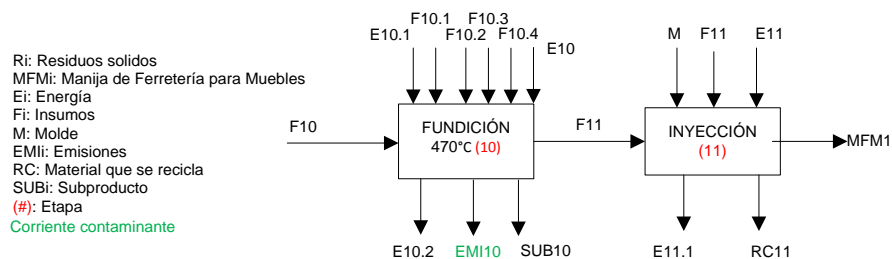


Figura B2. Horno tipo crisol en FANTAXIAS S.A.S.



Figura B3. Inyectora en FANTAXIAS S.A.S.



Tabla B1. Balance de masa y energía del moldeo por inyección.

Corriente	Descripción	L/MFM	g/MFM	Temperatura (°C)	Estado	kJ/MFM
F10.1	Apartagas H7	-	1,941E-03	25	Sólido	-
F10.2	Rejuva	-	2,747E-02	25	Sólido	-
F10.3	Gas natural	2,9395E+05	2,246E+05	25	Gaseoso	-
F10.4	Aire	1,487E+06	1,754E+06	25	Gaseoso	-
E10	Energía requerida por horno	-	-	-	-	3,61
F10	Lingotes Zamac	8,518E-03	5,622E+01	25	Sólido	-
SUB10	Escoria (10% zamac para reciclar y 90% subproducto)	-	2,849E+00	25	Sólido	-
*EMI10	Gases de combustión	4,636E+03	5,885E+05	304	Gaseoso	-
M	Molde	1,850E+01	1,452E+05	25	Sólido	-
F11	Zamac fundido	8,087E-03	5,337E+01	470	Líquido	-
RC11	Zamac para reciclar	3,844E-03	2,537E+01	25	Sólido	-
MFM1	Manija en estado 1	4,243E-03	2,800E+01	25	Sólido	-
E11	Energía requerida por inyectora	-	-	-	-	3,80
E10.1	Energía que aporta el combustible	-	-	-	-	2.816.338
E10.2	Energía útil + Energía disipada	-	-	-	-	2.816.342
E11.1	Energía útil + Energía disipada	-	-	-	-	3,80

\* En este proceso la corriente más contaminante es la EMI10.

Tabla B2. Composición química de las materias primas

Materias Primas	Incompatibilidad	Composición Química	Composición Porcentual
<b>Apartagas H7</b>	—	Compuesto por diferentes minerales: Cuarzo, fluorita, hexacloroetano, coesita y arcantita.	SiO <sub>2</sub> = Cuarzo (Mayor cantidad); CaF <sub>2</sub> = Fluorita; C <sub>2</sub> Cl <sub>6</sub> = Hexacloroetano; SiO <sub>2</sub> = Coesita; K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> = Arcantita
<b>Zamac</b>	—	Único componente de las piezas.	Zn = 94,88%; Al = 4%; Mg = 0,06%; Cu = 1%; Pb = 0,0029%; Cd = 0,003%; Fe = 0,0020%; Sn = 0,001% Si = 0,02% Ni = 0,001% S

La Tabla B3 presenta las propiedades químicas de las materias primas del moldeo por inyección.

Tabla B3. Propiedades fisicoquímicas de las materias primas.

Materias Primas	pH	Peso específico efectivo	Color	Estado físico	Punto de inflamación
<b>Apartagas H7</b>	—	—	Celeste	Sólido	No inflamable
<b>Zamac</b>	—	6,6 g/ml	Gris	Sólido	No inflamable
<b>Gas natural</b>	—	0,7641 g/ml	Incoloro	Gas	Altamente Inflamable

Por medio del balance de masa y energía se cuantificó el consumo de materias primas e insumos por unidad de MFM. El zamac es una aleación compuesta por: Zn, Al, Cu, Fe, Cd, Si, Mg, Ni, Pb y Sn. El compuesto en mayor proporción es el Zn (90% aproximadamente). El apartagas se utiliza para eliminar gases presentes en el crisol del horno. La rejuva es un insumo útil para separar la escoria que se va formando durante la fundición y está compuesta por zamac, óxidos de Zn,

aluminio, magnesio y cobre. La combustión del gas natural en el horno genera emisiones, las cuales se presentan en la tabla B2.

Tabla B4. Características fisicoquímicas de las emisiones del Moldeo por Inyección.

Compuesto	Concentración (ppm)	Valor (g/MFM)	*Límite Normativo (ppm)
CO <sub>2</sub>	106909	495631	-
CH <sub>4</sub>	15	69	0,050
NO	72	335	0,550
NO <sub>2</sub>	4	18	0,550
SO <sub>2</sub>	435	2015	0,550
CO	9333	43269	80

\* Resolución 909 5JUN 2008\*\*Resolución 1208 de 2003

Las concentraciones de CO, CH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> sobrepasan los límites permisibles y pueden ser causantes de smog fotoquímico, lluvia ácida y calentamiento global, principalmente. El smog fotoquímico hace énfasis a la formación de compuestos oxidantes en la atmósfera debido a la reacción del CH<sub>4</sub> y de los NO<sub>x</sub>. La lluvia ácida es causada por el dióxido de azufre y posiblemente por la emisión de NO<sub>x</sub> junto con ácido clorhídrico gaseoso. Debido al aumento del nivel de dióxido de carbono en la atmósfera se produce el sobrecalentamiento global ocasionando también cambio climático (Spiegel J. y Maystre L. 2000).

### **Balance de masa en el horno.**

Para hacer el balance de masa se caracterizó el sistema, consiste en flujos de aire y gas que ingresan al horno tipo crisol y de los gases de combustión que lo abandonan debido a que la operación es estable; el sistema se muestra en la Figura B2.

Figura B4. Esquema del balance de masa en el horno.



El balance de masa se realizó a partir de los datos obtenidos por el Sistema Integrado de Emisiones ENERAC modelo 700 (Tabla 5).

Tabla B5. Datos obtenidos por el Sistema Integrado de Emisiones.

EFICIENCIA	T. AMBIENTE	T. CHIMENEA	CO(ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	CH <sub>4</sub> (ppm)
83,1	30,5	304	9.333	106.909	14,9

Exceso aire (%)	StackDraft	NOx(ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)	Flujo (L/h)	O <sub>2</sub> (ppm)
4,4	0,6	76	434,5	3.515.957	10.152

El balance masa se estructuró de la siguiente manera:

- Se partió de una base de cálculo de 12h porque este es el tiempo de un día de trabajo en la empresa.
- Se consideró que el 95% de los NOx equivale a NO y el restante a NO<sub>2</sub> (López J. 2006)
- Se calcularon los moles del flujo de gases de combustión.
- Se realizó el balance elemental, considerando que: 1- El nitrógeno que reacciona es del combustible. 2- La composición del gas natural reportada por Gasorient (Tabla B8) no incluye el odorizante; para el balance de azufre se consideró THT (C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>S) como odorizante en concentración de 0,26% molar

(Spotleak 1013 Arkema, 2004). 3- En los cálculos para regresarnos de los moles por elemento a los moles por compuesto se utilizó la composición molar de gas natural que se encuentra en la Tabla B6.

Tabla B6. Composición de gas natural considerada para el balance de masa en el horno.

Compuesto	% Molar
N <sub>2</sub>	5,099
CH <sub>4</sub>	92,228
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	5,3778
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1,5646
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> S	0,2676

Al cerrar el balance elemental se obtuvo la siguiente composición de gas natural (Tabla B7):

Tabla B7. Composición molar de gas natural obtenida del balance.

Gas Natural	
Compuesto	% Molar
N <sub>2</sub>	0,0448
CH <sub>4</sub>	84,5381
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	4,2980
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	9,8498
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> S	1,2245
*Otros	0,0448

\*Otros: i-Butano, n-Butano, i-Pentano, n-Pentano, n-Hexano

Tabla B8. Composición del gas natural reportada por Gasorient.

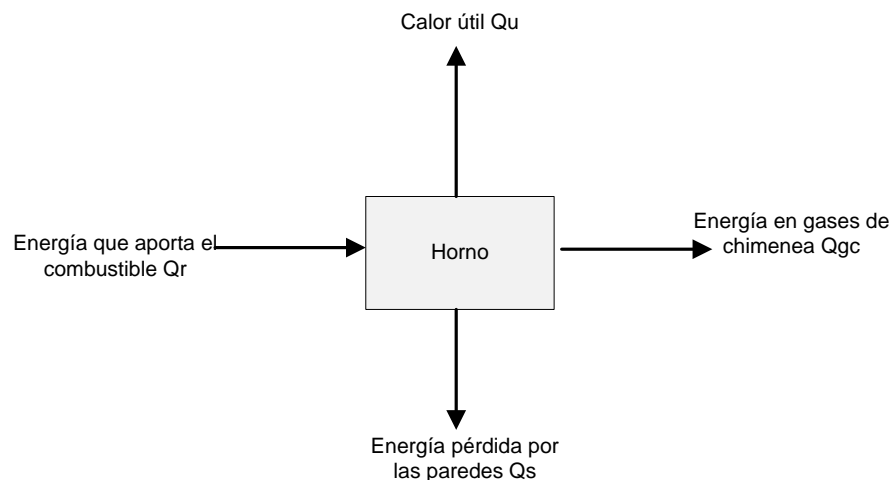
Composición combustible			
Compuesto	% Molar	Compuesto	% Molar
Nitrógeno	0,5099	i-Butano	0,3644
CO2	1,7753	n-Butano	0,315
Metano	89,7946	i-Pentano	0,1237
Etano	5,3778	n-Pentano	0,0687
Propano	1,5646	n-Hexano	0,1055
		Neo-Pentano	0,0007

- Finalmente se determinó el flujo volumétrico de combustible y de gas natural.

### Balance de energía en el horno

El combustible aporta energía ( $Q_r$ ) que es aprovechada para fundir los lingotes de zamak y mantenerlos en estado líquido (calor útil  $Q_u$ ); la otra parte se pierde en los gases de chimenea ( $Q_{gc}$ ) y por las paredes del horno ( $Q_s$ ). La Figura B5 muestra el balance de energía en el horno.

Figura B5. Esquema del balance de energía en el horno.



El balance de energía se escribe como:

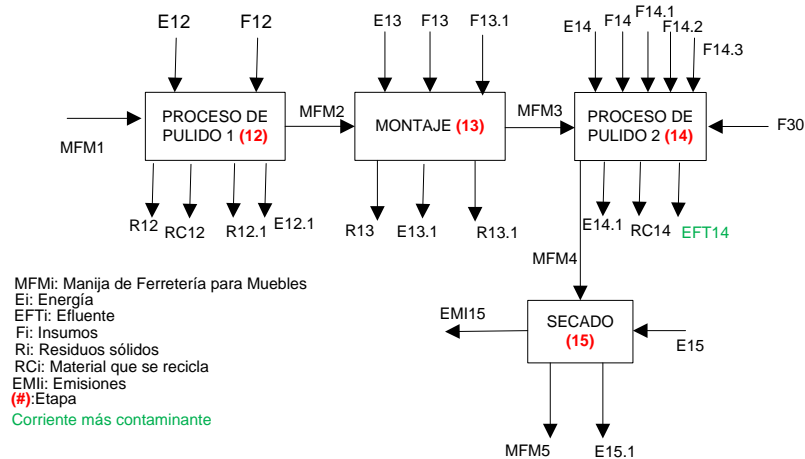
$$Q_r = Q_u + Q_s + Q_{gc}$$

Para los resultados solo se consideró el consumo de energía como la energía que aporta el combustible de 9,6kJ/L (Gasorient) y la energía eléctrica que requiere el horno.

## Anexo C. Proceso III (Preparación Mecánica)

La Figura C1 esquematiza la preparación mecánica.

Figura C1. Preparación Mecánica



La preparación mecánica involucra las siguientes etapas:

**Pulido 1.** Consiste en pulir la MFM con un sistema de bandas (Figura C2) donde las lijas se colocan en unos discos para eliminar asperezas e irregularidades. En esta etapa quedan como residuos lijas que van al basurero al igual que los residuos de zamac que son almacenados mediante un extractor.

**Montaje.** Por medio de taladros (Figura C3) se hace el perforado y enroscado de la manija. Se utilizan en esta etapa brocas y machos de acero rápido. Los residuos en esta etapa son residuos de zamac, las brocas y los machos usados.

Figura C2. Imagen, etapa de pulido 1.



Figura C3. Taladro TRUPER modelo TAL-5/8 X 13 en FANTAXIAS S.A.S.



La Tabla C1 presenta las propiedades químicas de las materias primas de la preparación mecánica.

Tabla C1. Propiedades químicas de las materias primas.

Materias Primas	Incompatibilidad	Composición Química	Composición Porcentual
<b>Esmeril (lija)</b>	—	Está compuesta mayormente del mineral corindón (óxido de aluminio), mezclado con otras variedades como espinales, hercinita y magnetita y también rutilo (titania). También puede contener magnesita, mullita y sílice.	—
<b>Zamac</b>	—	Único componente de las piezas.	Zn = 93,51%; Al = 3,46%; Mg = 0,123%; Cu = 3,35%; Pb = 0,0029%; Cd = 0,0012%; Fe = 0,0086%; Sn = 0,0007%
<b>Chips Plásticos</b>	—	Mezcla de resinas poliéster y abrasivos de origen natural y sintético completamente polimerizado. Tiene en su mayoría compuestos como urea, alúmina y corindón.	SiO <sub>2</sub> = 63%; Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 33%; Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 1,0%; Na <sub>2</sub> O-K <sub>2</sub> O = 2,0%; CaO = 0,2%; MgO = 0,2%; TiO <sub>2</sub> = 0,8%
<b>TH (Tensoactivo)</b>	—	Compuesto principalmente de sales sódicas de los sulfatos de alquilo, derivados de los alcoholes de cadena larga.	—
<b>Desbarbante A-11</b>	Ácidos	<b>Datos físico-químicos:</b> Mezcla de sales sódicas alcalinas y abrasivos naturales seleccionados.	Composición: Sodio meta silicato pentahidratado (NaSi.5H <sub>2</sub> O); Fosforo: 1,8%
<b>Brocas y Machos</b>	—	Compuesto de acero rápido con molibdeno y tungsteno (también puede tener vanadio y cromo) principalmente.	C = 0,85; Mn = 0,30; Si = 0,30; Cr = 4,15; Mo = 5,0; V = 1,95; W = 6,40

**Pulido 2.** Para este proceso se utilizan vibradoras (máquinas circulares para el tratamiento de superficies modelo CM, con capacidad máx. de 100 Kg y agitación hasta 1800 rpm) que operan continuamente. Este proceso consta de: a) Fricción mecánica de las piezas con chips plásticos, b) Adición del desbarbante A-11 y del tensoactivo TH para desbastar filos y asperezas y retirar grasas, c) Lavado. Los

desechos de esta etapa son aguas y lodos residuales compuestos principalmente de grasas y metales. La Figura C4 presenta una imagen de la vibradora.

Figura C4. Vibradora SWECO modelo TFM serie EMD 2.51R .



Secado. En esta etapa se usa una secadora centrifuga, que consta de un tambor giratorio donde se depositan las piezas a ser secadas, una carcasa donde se aloja el tambor con los demás mecanismos, un eje que se acopla al tambor, una transmisión por medio de poleas y correas, y un motor eléctrico. Se utiliza para eliminar la humedad de las MFM. La Tabla C2 presenta las propiedades fisicoquímicas de las materias primas en la preparación mecánica

Tabla C2. Propiedades fisicoquímicas de las materias primas.

Materias Primas	pH	Peso específico efectivo	Color	Estado físico	Punto de inflamación	Solubilidad en agua
Esmeril (lija)	___	<3,9> g/ml	Negro	Sólido	___	Insoluble
Zamac	___	6,6 g/ml	Gris	Sólido	No inflamable	Insoluble
Chips Plásticos	___	1,28 g/ml	Rosado	Sólido	>370 °C	Insoluble
Tensoactivo TH	7,2	___	Amarillo	Líquido viscoso	10 °Baumé	___

<b>Materias Primas</b>	<b>pH</b>	<b>Peso específico efectivo</b>	<b>Color</b>	<b>Estado físico</b>	<b>Punto de inflamación</b>	<b>Solubilidad en agua</b>
<b>Desbarbante A-11</b>	10,7	—	—	Polvo blanco deslizador	—	Parcial (Soluble 1% en agua)
<b>Brocas y machos</b>	—	8,14 g/ml	Gris	Sólido	No inflamable	Insoluble

El balance de masa y energía del proceso de preparación mecánica se presenta en la Tabla C3.

TablaC3. Balance de masa y energía de la preparación mecánica

Corriente	Descripción	L/MFM	g/MFM	Temperatura (°C)	Estado	kJ/MFM
E12	Energía pulido I (Pulido manual, sistema eje rotativo)	-	-	-	-	52,1
MFM1	Manija en estado 1	4,243E-03	2,800E+01	25	Sólido	-
F12	Esmeril tipo lija	7,051E-06	2,750E-02	25	Sólido	-
RC12	Esmeril tipo lija	4,968E-06	1,938E-02	25	Sólido	-
R12	Residuos Esmeril tipo lija	2,083E-06	8,125E-03	25	Sólido	-
R12.1	Residuos de Zamac	3,030E-04	2,000E+00	25	Sólido	-
E12.1	Energía útil + Energía disipada en el Pulido 1	-	-	-	-	52,1
E13	Energía para el Montaje (Perforado y enroscado)	-	-	-	-	7,4
E13.1	Energía útil + Energía disipada en el Montaje					7,4
MFM2	Manija en estado 2	3,940E-03	2,600E+01	25	Sólido	-
F13	Brocas de acero rápido	3,993E-08	3,250E-04	25	Sólido	-
F13.1	Machos de acero rápido	9,726E-09	7,917E-05	25	Sólido	-
R13	Residuos de zamac	6,059E-05	3,999E-01	25	Sólido	-
R13.1	Residuos Brocas y Machos.	4,965E-08	4,042E-04	25	Sólido	-
E14	Energía para el pulido 2 ( Pulido en vibradora)	-	-	-	-	0,9
MFM3	Manija en estado 3	3,879E-03	2,560E+01	25	Sólido	-
F14	Chips abrasivos	1,883E-02	2,411E+01	25	Sólido	-
F14.1	Talco abrasivo(Desbarbante A-11)		1,212E-01	25	Sólido	-
F14.2	Agua para pulido 2	4,926E-05	4,926E-02	25	Líquido	-
F14.3	TH (tensoactivo)	3,673E-06	3,789E-03	25	Sólido	-
RC14	Chips abrasivos para reciclar	1,829E-02	2,341E+01	25	Sólido	-
R14	Residuos de Chips abrasivos (Sale en EFT14)	5,418E-04	6,935E-01	25	Sólido	-

Corriente	Descripción	L/MFM	g/MFM	Temperatura (°C)	Estado	kJ/MFM
*EFT14	Efluente del pulido 2 (vibradora)	1,103E-03	1,191E+00	25	Líquido	-
E14.1	Energía útil + Energía disipada en pulido 2	-	-	-	-	0,9
R14.1	Residuos de zamac (Sale en EFT14)	4,900E-05	3,234E-01	25	Sólido	
E15	Energía para el Secado	-	-	-	-	16,9
MFM4	Manija en estado 4 + Agua	3,830E-03	2,528E+01	25	Sólido	-
EMI15	Agua evaporada en el Secado 1	3,711E-04	3,711E-01	25	Gaseoso	-
MFM5	Manija en estado 5	3,774E-03	2,491E+01	25	Sólido	-
E15.1	Energía útil + Energía disipada en el Secado 1	-	-	-	-	16,9

\* En este proceso la corriente más contaminante es la EFT14.

#### Anexo D. Proceso IV (Recubrimiento Electrolítico)

Este proceso se caracteriza por alto consumo de agua y vertimientos provenientes de sus enjuagues que contienen metales pesados como Cu, Ni, Al y Zn, cianuros y grasas. También hay vapores que son relevantes a nivel ambiental pero pueden afectar desde el punto de vista de salud ocupacional. Está estructurado con etapas de:

**Desengrase:** Las piezas son sumergidas en un tanque de 100L que contiene desengrasante (Novaclean ZAM) y agua. Esta etapa tiene un efluente compuesto por grasas y aceites principalmente.

**Enjuagues:** En esta etapa la pieza se lava con agua para evitar el arrastre de compuestos provenientes de etapas anteriores. Se utilizan dos tipos de enjuague: tipo cascada y tipo ordinario. Los tanques de los enjuagues son de 350L aproximadamente. El efluente contiene metales pesados, grasas y cianuros.

**Neutralizados:** En tanques de 350L con una solución de ácido sulfúrico se sumerge la pieza para llevar a cabo la activación quitando la capa de óxido que se formó sobre la superficie del zamac luego de ser tratada y lavada. Este proceso se realiza justo antes de cobrizar y niquelar las piezas.

**Cobrizado:** Se aplica a partir de baños alcalinos cianurados. El baño alcalino de cobre opera a temperatura de 25-40°C. Contiene cianuro de cobre, cianuro de sodio y aditivos.

**Niquelado:** Realizado mediante baño electrolítico utilizado para aumentar la resistencia a la oxidación, corrosión y dar un acabado decorativo. El baño de níquel opera a temperatura de 55-60°C y está compuesto de sulfato de níquel, cloruro de níquel, ácido bórico y aditivos de brillo.

**Secado:** Consiste en secar la pieza eliminando agua proveniente del último enjuague.

En la figura D1 se presenta una imagen del área de recubrimiento electrolítico en FANTAXIAS S.A.S y en la figura D2 se esquematiza el diagrama del proceso.

Figura D1. Vibradora SWECO modelo TFM serie EMD 2.51R .



Figura D2. Proceso de Recubrimiento Electrolytico en la elaboraci3n de MFM.

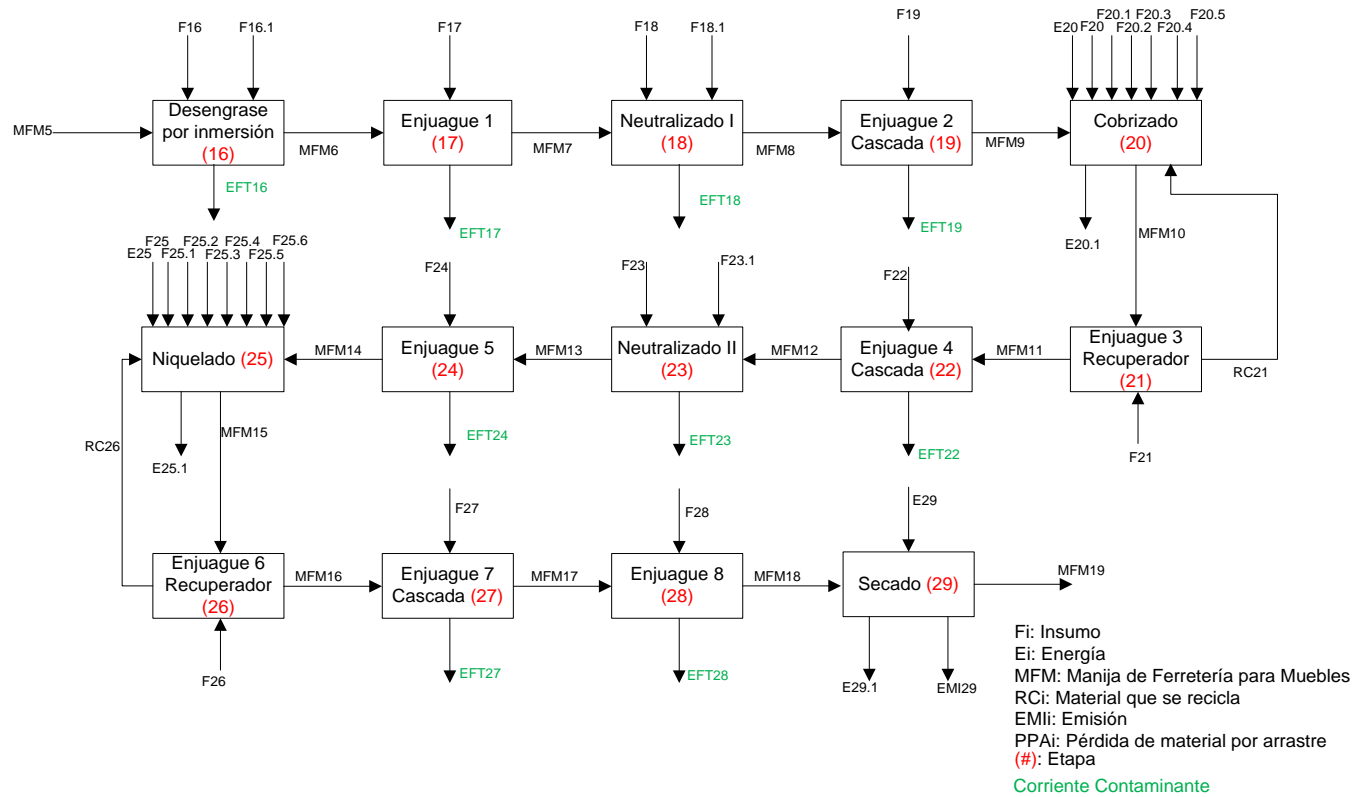


Tabla D1. Balance de masa y energía del Proceso IV.

Flujo	Descripción	L/manija	g/manija	Temperatura (°C)	Estado	KJ/manija
MFM5	Manija en estado 5	-	2,491E+01	25	Sólido	-
F16	Agua para desengrase por inmersión.	2,101E-03	2,101E+00	25	Líquido	-
F16.1	Novaclean ZAM	5,636E-05	6,807E-02	25	Líquido	-
EFT16	Efluente (Desengrase por inmersión)	2,157E-03	2,179E+00	25	Líquido	-
MFM6	Manija en estado 6	-	2,491E+01	25	Sólido	-
F17	Agua para enjuague 1	9,812E-03	9,812E+00	25	Líquido	-
EFT17	Efluente del enjuague 1	9,812E-03	9,832E+00	25	Líquido	-
MFM7	Manija en estado 7	-	2,491E+01	25	Sólido	-
F18	Agua para neutralizado 1	5,256E-03	5,256E+00	25	Líquido	-
F18.1	Ácido Sulfúrico para neutralizado 1	2,254E-05	4,147E-02	25	Sólido	-
EFT18	Efluente del neutralizado 1	5,279E-03	5,311E+00	25	Líquido	-
MFM8	Manija en estado 8	-	2,491E+01	25	Sólido	-
F19	Agua enjuague 2 tipo cascada	1,962E-02	1,962E+01	25	Líquido	-
EFT19	Efluente del enjuague 2 tipo cascada	1,962E-02	2,034E+01	25	Líquido	-
MFM9	Manija en estado 9	-	2,490E+01	-	Sólido	-
E20	Energía Cobrizado	-	-	-		49,74144
F20	Agua para el cobrizado	3,013E-03	3,013E+00	25	Líquido	-
F20.1	Cianuro de sodio	2,438E-04	3,901E-01	25	Sólido	-
F20.2	Cianuro de cobre	9,370E-05	2,736E-01	25	Sólido	-
F20.3	Sal de Rochelle	1,322E-05	2,336E-02	25	Sólido	-
F20.4	AlkaBrite	1,314E-05	1,472E-02	25	Líquido	-
F20.5	Cobre metálico	1,591E-05	1,422E-01	25	Sólido	-
COM 20	Cobrizado	3,393E-03	3,811E+00	25-40	Líquido	-

Flujo	Descripción	L/manija	g/manija	Temperatura (°C)	Estado	KJ/manija
E20.1	Energía útil + Energía disipada en cobrizado	-	-	-		49,74144
MFM10	Manija en estado 10	-	2,504E+01	-	Sólido	-
F21	Agua para enjuague 3 recuperador un tanque	1,028E-03	1,028E+00	25	Líquido	-
RC21	Recovery Cobre	1,028E-03	1,091E+00	25	Líquido	-
MFM11	Manija en estado 11		2,504E+01	25	Sólido	-
F22	Agua para enjuague 4 tipo cascada	1,973E-02	1,973E+01	25	Líquido	-
EFT22	Efluente del enjuague 4 tipo cascada	1,973E-02	1,988E+01	25	Líquido	-
MFM12	Manija en estado 12		2,504E+01	25	Sólido	-
F23	Ácido Sulfúrico Neutralizado 2	2,266E-05	4,169E-02	25	Sólido	-
F23.1	Agua para neutralizado 2	3,670E-03	3,670E+00	25	Líquido	-
EFT23	Efluente del neutralizado 2	3,693E-03	3,726E+00	25	Líquido	-
MFM13	Manija en estado 13		2,504E+01	25	Sólido	-
F24	Agua para Enjuague 5	9,866E-03	9,866E+00	25	Líquido	-
EFT24	Efluente del enjuague 5	9,866E-03	9,944E+00	25	Líquido	-
MFM14	Manija en estado 14	-	2,504E+01	25	Sólido	-
E25	Energía Niquelado	-	-	-	-	2,360E+01
F25	Cloruro de Níquel	5,126E-06	1,820E-02	25	Sólido	-
F25.1	Sulfato de Níquel	2,445E-05	4,963E-02	25	Sólido	-
F25.2	Abrillantador de Níquel	3,401E-04	3,549E-01	25	Líquido	-
F25.3	Base para Níquel	1,654E-04	1,791E-01	25	Líquido	-
F25.4	Ácido Bórico	1,182E-05	1,654E-02	25	Sólido	-
F25.5	Ánodo de Níquel	3,996E-05	3,560E-01	25	Sólido	-
F25.6	Agua para el niquelado	1,027E-03	1,027E+00	25	Líquido	-
COM 25	Niquelado	1,614E-03	1,975E+00	55-60	Líquido	-
E25.1	Energía útil + Energía disipada en niquelado	-	-	-	-	2,360E+01
MFM15	Manija en estado 15	-	2,507E+01	25	Sólido	-

Flujo	Descripción	L/manija	g/manija	Temperatura (°C)	Estado	KJ/manija
F26	Agua de enjuague 6 recuperador doble tanque	9,936E-04	9,936E-01	25	Líquido	-
RC26	Recovery Níquel	9,936E-04	1,046E+00	25	Líquido	-
MFM16	Manija en estado 16	-	2,507E+01	25	Sólido	-
F27	Agua de enjuague 7 tipo cascada	2,226E-02	2,226E+01	25	Líquido	-
EFT27	Efluente del enjuague 7 tipo cascada	2,226E-02	2,233E+01	25	Líquido	-
MFM17	Manija en estado 17	-	2,507E+01	25	Líquido	-
F28	Agua del enjuague 8	4,595E-03	4,595E+00	25	Sólido	-
EFT28	Efluente del enjuague 8	4,595E-03	4,600E+00	25	Líquido	-
MFM18	Manija en estado 18 + Agua	-	2,610E+01	25	Sólido	-
E29	Energía para el secado	-	-	-	-	17,542585
EMI 29	Agua evaporada en el secado	-	1,037E+00	25	Gaseoso	-
MFM19	Manija en estado 19	-	2,507E+01	25	Sólido	-
E29.1	Energía útil + Energía disipada secado	-	-	-	-	17,542585

La Tabla D2 presenta las propiedades químicas de los insumos en el proceso de recubrimiento electrolítico.

Tabla D2. Propiedades fisicoquímicas de los insumos del Proceso IV.

MATERIAS PRIMAS	pH	Densidad	Color	Solubilidad en agua
Novaclean ZAM	8,2	1,025 g/ml	Incoloro	Moderada
Zamac	—	6,6 g/ml	Gris	Insoluble
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,3 (Solución acuosa 1N)	1,84 (98%) g/ml	Incoloro	Total
NaCN	11,3-11,7	1,6 g/ml	Blanco	0,58g/ml
CuCN	—	2,92 g/ml	Blanco	Insoluble
Sal de Rochelle (Tartrato sodio potasio) NaKC <sub>4</sub> O <sub>6</sub> H <sub>4</sub> . 4H <sub>2</sub> O	7-8,5	—	Blanco	630g/ml
Alkabright	>13	1,12 g/ml	Incoloro	Total
NiCl <sub>2</sub>	4 (sln acuosa)	3,55 g/ml	Amarillo	2,54 kg/L
NiSO <sub>4</sub>	4,5	2,03 g/ml	Azul-verdoso	7,56 g/ml
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	N.R.	1,4 g/ml	Blanco	Total

La caracterización fisicoquímica de los efluentes del recubrimiento electrolítico se encuentran en las tablas 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 10 y 11.

Tabla D3. Caracterización fisicoquímica de la etapa 16.

Etapa 16 (EFT 16)			
Variable	ppm	mg/manija	Valor límite (ppm)
Cu	1,3901	0,0030	0,250
Zn	688	1,4834	5
Ni	0,4852	0,0010	0,200
Al	29	0,0634	10
Cianuro	0,035	0,0001	1
Aceites y grasas	183	0,3947	100
pH	1	(Valor Límite 5-9)	

Tabla D4. Caracterización fisicoquímica de la etapa 17.

Etapa 17 (EFT 17)			
Variable	ppm	mg/manija	Valor límite (ppm)
Cu	0,7399	0,0073	0,250
Zn	7	0,0646	5
Ni	6	0,0555	0,200
Al	0	0	10
Cianuro	0	0	1
Aceites y grasas	160	1,5695	100
pH	6	(Valor Límite 5-9)	

Tabla D5. Caracterización fisicoquímica de la etapa 18.

Etapa 18 (EFT 18)			
Variable	ppm	mg/manija	Valor límite (ppm)
Cu	0,8019	0,0042	0,250
Zn	194	1,0255	5
Ni	7	0,0353	0,200
Al	0	0	10
Cianuro	0,012	0,0001	1
Aceites y grasas	147	0,7735	100
pH	1	(Valor Límite 5-9)	

Tabla D6. Caracterización fisicoquímica de la etapa 19.

Etapa 19 (EFT 19)			
Variable	ppm	mg/manija	Valor límite (ppm)
Cu	0,8638	0,0169	0,250
Zn	33	0,6388	5
Ni	5	0,0943	0,200
Al	0	0	10
Cianuro	0,008	0,0002	1
Aceites y grasas	144	2,8164	100
pH	5	(Valor Límite 5-9)	

Tabla D7. Caracterización fisicoquímica de la etapa 22.

Etapa 22			
Variable	ppm	mg/manija	Valor límite (ppm)
Cu	215	4,2423	0,250
Zn	1,3587	0,0268	5
Ni	7	0,1346	0,200
Al	0	0	10
Cianuro	77	1,5113	1
Aceites y grasas	142	2,7999	100
pH	10	(Valor Límite 5-9)	

Tabla D8. Caracterización fisicoquímica de la etapa 23.

Etapa 23 (EFT 23)			
Variable	ppm	mg/manija	Valor límite (ppm)
Cu	25	0,0914	0,250
Zn	15	0,0561	5
Ni	147	0,5412	0,200
Al	0	0	10
Cianuro	47	0,1717	1
Aceites y grasas	136	0,5019	100
pH	1	(Valor Límite 5-9)	

Tabla D9. Caracterización fisicoquímica de la etapa 24.

Etapa 24 (EFT24)			
Contaminante	ppm	mg/manija	Valor límite (ppm)
Cu	7	0,0659	0,250
Zn	0,7050	0,0070	5
Ni	48	0,4721	0,200
Al	0	0	10
Cianuro	38	0,3753	1
Aceites y grasas	122	1,2081	100
pH	3	(Valor Límite 5-9)	

Tabla D10. Caracterización fisicoquímica de la etapa 27.

Etapa 27 (EFT 27)			
Contaminante	ppm	mg/manija	Valor límite (ppm)
Cu	0	0	0,250
Zn	0,5859	0,0130	5
Ni	350	7,7844	0,200
Al	0	0	10
Cianuro	0	0,0016	1
Aceites y grasas	113	2,5163	100
pH	4	(Valor Límite 5-9)	

Tabla D11. Caracterización fisicoquímica de la etapa 28.

Etapa 28 (EFT28)			
Contaminante	ppm	mg/manija	*Valor límite (ppm)
Cu	0	0	0,250
Zn	3	0,0137	5
Ni	22	0,0993	0,200
**Al	0	0	10
Cianuro	0	0,0006	1
Aceites y grasas	111	0,5109	100
pH	7	(Valor Límite 5-9)	

\*Resolución 1074 de 1997 \*\*Resolución 3957 de 2009

Los efluentes se generan en casi todas las etapas del proceso IV. se descargan al alcantarillado sin ningún tipo de tratamiento ni segregación.

Este proceso se caracteriza por alto consumo de agua, el contenido de metales pesados, como el Zn, Cu, Ni y Al. La presencia del Zn es causa del desprendimiento de este por ser el principal metal de la aleación Zamac mientras que el contenido de Al en los diferentes efluentes es nulo (con excepción del desengrase por inmersión) ya que este aunque hace parte de la aleación sólo se encuentra en ella en un 4% aproximadamente.

Las cantidades significativas de cobre y níquel en todos los efluentes se deben al arrastre de material cuando los tambores en donde se transportan las piezas van pasando a través de todos los tanques del proceso, cuando un tambor termina su

ciclo es llevado de regreso al primer tanque del proceso arrastrando consigo todas las sustancias involucradas en el recubrimiento.

La cantidad de aceites y grasas sobrepasa los límites permisibles en todas las etapas; estas provienen de la preparación mecánica debido a las propiedades de las materias primas usadas en dicho proceso.

La aparición de cianuros se debe a la naturaleza de los baños que son a base de cianuros de cobre y sodio. Los otros compuestos son principalmente sustancias orgánicas, sales y sólidos suspendidos provenientes de las materias primas usadas en este proceso. La mayoría de los efluentes de este proceso sobrepasan los valores límites permisibles establecidos por la normatividad ambiental.

## Anexo E. Proceso V (Embalaje)

Figura E1. Embalaje de la MFM.

Ei: Energía  
 MFMi: Manija de Ferrería para Muebles  
 Fi: Insumo  
 Ri: Residuo sólido  
 (#): Etapa

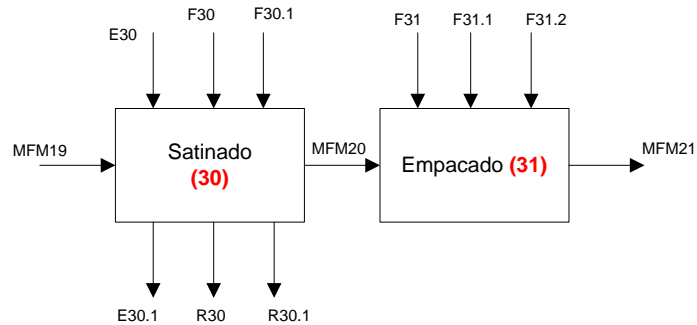


Tabla E1. Balance de masa y energía.

Flujo	Descripción	L/manija	g/manija	Temperatura (°C)	Estado	kJ/manija
MFM19	Manija en estado 19	-	25,068	25	Sólido	-
E30	Energía Satinado	-	-	-	-	20,163
F30	Felpa	-	0,005	25	Sólido	-
F30.1	Pasta para Satinar	-	3,567	25	Sólido	-
R30	Residuo Felpa	-	0,005	25	Sólido	-
E30.1	Energía útil + Energía disipada en Satinado	-	-	-	-	20,163
R30.1	Residuo pasta para Satinar	-	3,567	25	Sólido	-
MFM20	Manija en estado 20	-	25,068	25	Sólido	-
F31	Bolsa de polipropileno	-	0,521	25	Sólido	-
F31.1	Caja de cartón	-	1,100	25	Sólido	-
F31.2	Tornillo hierro galvanizado	-	3,982	25	Sólido	-
MFM21	Manija en estado 21 + Empaque	-	29,571	25	Sólido	-

El proceso V de la MFM no genera residuos peligrosos para el medio ambiente. En la etapa de satinado la felpa que queda como residuo es almacenada y reciclada. La pasta para satinar se consume por completo. En la última etapa (empacado) las materias primas usadas son cajas de cartón, bolsas de polipropileno y tornillos de hierro galvanizado. Estos materiales tendrían un

impacto ambiental en una etapa posterior, es decir en la disposición que tengan después de salir de FANTAXIAS S.A.S. En la actualidad hay buenos programas para el reciclaje de la chatarra y el cartón que permiten una disposición adecuada de estos materiales y que es saludable para el medio ambiente.

## Anexo F. NOMENCLATURA

<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
E1	Energía requerida por la fresadora, Fresado I
F1	Taladrina
B1	Bloque de acero 23-63
R1	Residuos de acero 23-63
EFT1	Efluente de taladrina
RC1	Taladrina para reciclar
E1.1	Energía útil de la fresadora + Energía disipada
E2	Energía requerida por la rectificadora, Rectificación I
B2	Bloque de acero 23-63 estado A
F2	Taladrina
F2.1	Disco abrasivo
RC2	Taladrina para reciclar
RC2.1	Disco abrasivo para reciclar
R2	Residuo de acero 23-63 estado A
EFT2	Efluente de taladrina
R2.1	Residuo de disco abrasivo
E2.1	Energía útil de la rectificadora + Energía disipada
E3	Energía requerida por la electroerosionadora (Mecanizado)
B3	Bloque de acero 23-63 estado B
R3	Residuos de acero 23-63
E3.1	Energía útil de la electroerosionadora + Energía disipada
E4	Energía requerida por el horno, para el temple
B4	Bloque de acero 23-63 estado C
E4.1	Energía útil del horno + Energía disipada
B5	Bloque de acero 23-63 estado D
F5	Taladrina

<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
F5.1	Disco abrasivo
R5	Residuo de acero 23-63
RC5.1	Disco abrasivo para reciclar
RC5	Taladrina para reciclar
R5.1	Residuo disco abrasivo
EFT5	Efluente de taladrina
E5	Energía requerida por la rectificadora, Rectificación II
E5.1	Energía útil de la rectificadora + Energía disipada
B6	Bloque de acero 23-63 estado E
F6	Esmeril tipo lija para el pulido manual
R6	Residuos de papel de lija
R6.1	Residuos de acero 23-63
R6.2	Residuos de esmeril tipo lija
B7	Bloque de acero 23-63 estado F
E7	Energía requerida por la rectificadora, Rectificación III
E7.1	Energía útil de la rectificadora + Energía disipada
F7	Taladrina
F7.1	Disco abrasivo
RC7	Taladrina para reciclar
RC7.1	Disco abrasivo para reciclar
EFT7	Efluente de taladrina
R7	Residuos de acero 23-63
R7.1	Residuos de disco abrasivo
MM	Matriz móvil
MF	Matriz fija
E8	Energía requerida por la fresadora para el Fresado II
E8.1	Energía útil + Energía disipada
B8	Bloque de acero 10-45

<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
F8	Taladrina
RC8	Taladrina para reciclar
EFT8	Efluente de taladrina
R8	Residuos de acero 10-45
E9	Energía requerida para la rectificación IV
E9.1	Energía útil + Energía disipada
B9	Bloque de acero 10-45 estado A
F9	Taladrina
F9.1	Disco abrasivo
RC9	Taladrina para reciclar
RC9.1	Disco abrasivo para reciclar
R9	Residuos de acero 10-45
R9.1	Disco abrasivo para reciclar
EFT9	Efluente de taladrina
PA	Placas acero 10-45
M	Molde
F10.1	Apartagas H7
F10.2	Rejuva
F10.3	Gas natural
F10.4	Aire
E10	Energía requerida por horno
SUB10	Escoria
EMI10	Gases de combustión
M	Molde
F11	Zamac fundido
RC11	Zamac para reciclar
MFM	Manija en estado 1
E11	Energía requerida por inyectora

<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
E10.1	Energía que aporta el combustible
E10.2	Energía útil + Energía disipada
E11.1	Energía útil + Energía disipada
E12	Energía pulido I (Pulido manual, Sistema eje rotativo)
MFM1	Manija en estado 1
F12	Esmeril tipo lija
RC12	Esmeril tipo lija para reciclar
R12	Residuos esmeril tipo lija
R12.1	Residuos de zamac
E12.1	Energía útil + Energía disipada en el pulido I
E13	Energía para el montaje (perforado y enroscado)
E13.1	Energía útil + Energía disipada en el montaje
MFM2	Manija en estado 2
F13	Brocas de acero rápido
F13.1	Machos de acero rápido
R13	Residuos de zamac
R13.1	Residuos de brocas y machos
E14	Energía para el pulido 2 (Pulido en vibradora)
MFM3	Manija en estado 3
F14	Chips abrasivos
F14.1	Talco abrasivo (Desbarbante A-11)
F14.2	Agua para pulido 2
F14.3	TH (tensoactivo)
RC14	Chips abrasivos para reciclar
R14	Residuos chips abrasivos (sale en EFT14)
EFT14	Efluente de pulido 2 (vibradora)
E14.1	Energía útil + Energía disipada en pulido 2
R14.1	Residuos de zamac (sale en EFT14)

<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
E15	Energía para el secado
MFM4	Manija en estado 4 + Agua
EMI15	Agua evaporada en el secado 1
MFM5	Manija en estado 5
E15.1	Energía útil + Energía disipada en el secado 1
F16	Agua para desengrase por inmersión
F16.1	Novaclean ZAM
EFT16	Efluente desengrase por inmersión
MFM6	Manija en estado 6
F17	Agua para enjuague 1
EFT17	Efluente del enjuague 1
MFM7	Manija en estado 7
F18	Agua para neutralizado 1
F18.1	Ácido sulfúrico para neutralizado 1
EFT18	Efluente del neutralizado 1
MFM8	Manija en estado 8
F19	Agua enjuague 2 tipo cascada
EFT19	Efluente del enjuague 2 tipo cascada
MFM9	Manija en estado 9
E20	Energía cobrizado
F20	Agua para el cobrizado
F20.1	Cianuro de sodio
F20.2	Cianuro de cobre
F20.3	Sal de Rochelle
F20.4	AlkaBrite
F20.5	Cobre metálico
COM20	Cobrizado
E20.1	Energía útil + Energía disipada en cobrizado

<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
MFM10	Manija en estado 10
F21	Agua para enjuague 3 recuperador un tanque
RC21	Recovery Cobre
MFM11	Manija en estado 11
F22	Agua para enjuague 4 tipo cascada
EFT22	Efluente del enjuague 4 tipo cascada
MFM12	Manija en estado 12
F23	Ácido sulfúrico Neutralizado 2
F23.1	Agua para neutralizado 2
EFT23	Efluente de neutralizado 2
MFM13	Manija en estado 13
F24	Agua para enjuague 5
EFT24	Efluente del enjuague 5
MFM14	Manija en estado 14
E25	Energía niquelado
F25	Cloruro de níquel
F25.1	Sulfato de níquel
F25.2	Abrillantador de níquel
F25.3	Base para níquel
F25.4	Ácido Bórico
F25.5	Ánodo de níquel
F25.6	Agua para el niquelado
COM25	Niquelado
E25.1	Energía útil + Energía disipada en niquelado
MFM15	Manija en estado 15
F26	Agua de enjuague 6 recuperador doble tanque
RC26	Recovery Níquel
MFM16	Manija en estado 16

<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
F27	Agua de enjuague 7 tipo cascada
EFT27	Efluente del enjuague 7 tipo cascada
MFM17	Manija en estado 17
F28	Agua del enjuague 8
EFT28	Efluente del enjuague 8
MFM18	Manija en estado 18 + Agua
E29	Energía para el secado
EMI29	Agua evaporada en el secado
MFM19	Manija en estado 19
E29.1	Energía útil + Energía disipada secado
E30	Energía Satinado
F30	Felpa
F30.1	Pasta para satinar
R30	Residuo Felpa
E30.1	Energía útil + Energía disipada en Satinado
R30.1	Residuo pasta para satinar
MFM20	Manija en estado 20
F31	Bolsa de polipropileno
F31.1	Caja de cartón
F31.2	Tornillo hierro galvanizado
MFM21	Manija en estado 21 + Empaque

Anexo G. Manija de Ferretería Para Muebles

