



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN EL ÁREA DE
EXTRUSIÓN EN LA EMPRESA CEDAL S.A.**

Autores:

Paredes Almeida Edison Leonardo

Santander Fonseca Daniel Santiago

Tutor:

Ing. MSc. Bladimiro Hernán Navas Olmedo

Latacunga – Ecuador

Febrero, 2019



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Industrial

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, PAREDES ALMEIDA EDISON LEONARDO, con cedula de ciudadanía N° 050177952-4, SANTANDER FONSECA DANIEL SANTIAGO con cedula de ciudadanía N° 050276930-0, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: "ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN EL ÁREA DE EXTRUSIÓN EN LA EMPRESA CEDAL S.A." Siendo el Ing. MSc. HERNÁN NAVAS tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, enero 2019

Edison Leonardo Paredes Almeida

C.I.: 050177952-4

Daniel Santiago Santander Fonseca

C.I.: 050276930-0



Universidad
Técnica de
Cotacachi



Ingeniería
Industrial

AVAL DEL TUTOR DE TITULACIÓN

En calidad de Director del Trabajo de Investigación sobre el título:

“ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN EL ÁREA DE EXTRUSIÓN EN LA EMPRESA CEDAL S.A.” realizado por Parodes Almeida Edison Leonor y Santander Fonseca Daniel Santiago, postulantes de la Carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Tesis que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotacachi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, febrero 2019.

Ing. MSc. Hernán Navas

C.I.: 050069554-9



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Industrial

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, los postulantes: PAREDES ALMEIDA EDISON LEONARDO y SANTANDER FONSECA DANIEL SANTIAGO, con el título de proyecto de titulación "ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN EL ÁREA DE EXTRUSIÓN EN LA EMPRESA CEDAL S.A.", han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, febrero 2019

Para constancia firman

F.

Lector 1

Ing. Medardo Ulloa

CC: 100097032-5

F.

Lector 2

Ing. Raúl Andrade

CC: 171752625-3

F.

Lector 3

Ing. Cristian Espín

CC: 050226936-8



www.cedal.com.ec

AVAL EMPRESA CEDAL S.A. PLANTA LATACUNGA

CERTIFICADO

Latacunga, 13 febrero 2019

Quien suscribe, Ingeniero William Real, en calidad de Jefe del área de Extrusión de la Empresa CEDAL SA., Planta Latacunga, CERTIFICO que los señores Edison Leonardo Paredes Almeida de C.I. 050177952-4 y Santander Fonseca Daniel Santiago de C.I. 050276930-0 realizaron en las instalaciones de la empresa el proyecto de investigación titulado: "ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN EL AREA DE EXTRUSION EN LA EMPRESA CEDAL S.A.". En la ejecución de dicho proyecto los autores del proyecto demostraron habilidades y conocimientos en su especialidad, así también generó resultados en su proyecto.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, el interesado puede hacer uso de este documento en forma que estime conveniente.

Atentamente,

Gerencia Ejecutiva de Aluminio S.A.

"CEDAL"

Ing. William Real

C.I. 1803495462

JEFE DEL AREA DE EXTRUSION

CEDAL Latacunga.

v



Quito
Av. De La Prensa 805-270 y Fielto
TEL: +593 2 3428121
Fax: +593 2 2459030
R.O. Reg. 1751-01183
www.cedal.com.ec

Baños
Estación Las Flores 805-2164-11
Km. 4 1/2 Via Durán - Santo
TEL: +593 4 291 0844
R.O. Reg. 6184
www.cedal.com.ec

Latacunga
Av. Unidad Nacional s/n
TEL: +593 3 2822000
Fax: +593 3 2812615
R.O. Reg. 69-61-907

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud, principalmente está dirigida a Dios por haberme dado la existencia y permitido llegar al final de la carrera.

A los docentes que me han acompañado durante el largo camino, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación.

Igualmente, a mi maestro asesor el Ing. Roberto García quien me ha orientado en todo momento en la realización de este proyecto que enmarca el último escalón hacia un futuro en donde sea participe en el mejoramiento.

Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles.

Edison Leonardo Paredes Almeida

AGRADECIMIENTO

El más sincero e infinito agradecimiento a mis padres, por no faltarme nunca su respaldo incondicional, un sentido homenaje a mi padre que desde el cielo me estará bendiciendo; a mis hermanos les agradezco por no dejarme nunca sólo, siempre me han animado con sus sabios consejos.

Mi reconocimiento a mis diletos maestros de la Universidad Técnica de Cotopaxi, específicamente de la Carrera de Ingeniería Industrial, quienes con sus acertadas direcciones han orientado para lograr ser un excelente profesional.

Recuerdos y reconocimientos a todos los amigos, compañeros y personas que me apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito esta etapa de mi vida.

Daniel Santiago Santander Fonseca

DEDICATORIA

A mi esposa Leticia Jacqueline Peña y a mis hijos Nicolás y Daniela porque siempre creyeron en mí a mi madre que desde el cielo me cuida y me guió con sus bendiciones, son las personas que me inspiran siempre para salir adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada otra meta más, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final y así alcanzar otro título académico. Va por ustedes, por lo que valen, y por porque los amo mucho admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí. Gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

También quisiera dedicar de la manera muy especial a todos mis amigos que fueron y son los pilares fundamentales en este nuevo título porque siempre creyeron contribuyendo incondicionalmente a lograr mis metas y objetivos propuestos y que al brindarme su apoyo en el momento que necesite de su ayuda me impulsó a conseguirlo.

A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

Edison Leonardo Paredes Almeida

DEDICATORIA

A mis amados padres Daniel Salvador Santander y Laura Marina Fonseca por su sacrificio y esfuerzo, que siempre creyeron en mí, por ser mi fuente de motivación, inspiración para poder superarme cada día más y luchar para que la vida me depare un mejor futuro.

A mis hermanos Franklin y Sandra quienes han estado apoyándome con sus palabras de aliento, sin dejarme caer para seguir adelante y cumplir con mis ideales.

A mi enamorada Ximena Silva que siempre ha estado a mi lado, en lo bueno y en lo malo, siempre brindándome una sonrisa y dándome fuerzas para continuar.

A mis leales amigos quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas, que me apoyaron a que este sueño se haga realidad.

Daniel Santiago Santander Fonseca

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	¡Error! Marcador no definido.
AVAL DEL TUTOR DE TITULACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
AVAL EMPRESA CEDAL S.A.	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	viii
ÍNDICE.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xiv
ÍNDICE DE ECUACIONES	xvi
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
1 INFORMACIÓN GENERAL	1
2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	3
3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	5
4 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	5
4.1 BENEFICIARIOS DIRECTOS:	5
4.2 BENEFICIARIOS INDIRECTOS:	5
5 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	6
5.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	6
5.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
6 OBJETIVOS.....	7
6.1 GENERAL	7
6.2 ESPECÍFICOS	7
7 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	8
8 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	10
8.1 PRODUCTIVIDAD	10
8.1.1 MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD.....	10
8.1.2 ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD.	11
8.2 MÉTODOS Y TIEMPOS DE TRABAJO	11

8.2.1	INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE MÉTODOS Y MEDICIÓN DEL TRABAJO.....	12
8.2.2	MÉTODOS DE TRABAJO.	12
8.2.3	INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS Y TIEMPOS DE TRABAJO EN LA PRODUCCIÓN.....	12
8.2.4	TIEMPOS DE TRABAJO.....	13
8.3	DIAGRAMAS DE MÉTODOS DE TRABAJO.....	14
8.3.1	DIAGRAMAS DE LOS PROCESOS DE TRABAJO.	14
8.3.2	DIAGRAMA DE PROCESO.....	15
8.3.3	DIAGRAMA DE RECORRIDO.....	16
8.4	CONDICIONES DE TRABAJO	17
8.4.1	RUIDO.	17
8.4.2	TEMPERATURA.....	18
8.4.3	VENTILACIÓN.....	18
8.4.4	ILUMINACIÓN.....	18
8.5	ERGONOMÍA	19
8.5.1	COMO IDENTIFICAR PROBLEMAS ERGONÓMICOS.....	19
8.5.2	ERGONOMÍA DEL TRABAJO.....	20
8.6	DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	20
8.6.1	CAUSAS BÁSICAS DE CAMBIOS EN LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	20
8.7	COSTOS DE PRODUCCIÓN	21
8.7.1	DEFINICIÓN DE COSTOS.....	21
9	HIPÓTESIS:.....	21
9.1	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	22
10	METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL:	22
11	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	23
11.1	SITUACIÓN ACTUAL	24
11.1.1	DESCRIPCIÓN Y DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO.....	24
11.1.2	IDENTIFICACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO Y ACTIVIDADES	25
11.1.3	DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.....	30
11.1.4	MAQUINARIA Y EQUIPOS	30
11.1.5	DURACIÓN DE JORNADA DE TRABAJO.....	31
11.1.6	AMBIENTE FÍSICO	31

11.2	ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS	32
11.2.1	TOMA DE TIEMPOS A TRABAJADORES	32
11.2.2	CALCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR.....	35
11.2.3	TIEMPOS ACTUALES DEL PROCESO	36
11.3	SIMULACIÓN DEL PROCESO ACTUAL EN SOFTWARE DE SIMULACIÓN “PROMODEL”	39
11.3.1	DEFINIR LOCACIONES	39
11.3.2	DEFINIR ENTIDADES	40
11.3.3	DESARROLLO DE SIMULACIÓN EN SOFTWARE “PROMODEL”	40
11.3.4	LOCACIONES	40
11.3.5	ENTIDADES.....	41
11.3.6	ARRIBOS.....	42
11.3.7	PROCESO PRODUCTIVO	42
11.3.8	ESTABLECER CONDICIONES DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	43
11.4	SIMULACIÓN.....	44
11.4.1	RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN	45
11.4.2	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	49
12	PROPUESTA DE MEJORA	50
12.1	PRODUCTIVIDAD ACTUAL SEGÚN REFERENCIAS.....	51
12.2	PRODUCTIVIDAD PROPUESTA	54
12.3	RESULTADOS ESPERADOS CON LA PROPUETA DE MEJORA DE PRODUCTIVIDAD.....	56
12.4	COSTO BENEFICIO	56
12.4.1	DETALLE DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN.....	57
12.4.2	COSTO DE PRODUCCIÓN.....	57
12.4.3	GANANCIAS ESTIMADAS CON LA PROPUESTA DE MEJORA.....	57
12.5	COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS	58
12.5.1	IMPACTOS	58
13	PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO:.....	59
14	CONCLUSIONES.....	61
15	RECOMENDACIONES	62
16	BIBLIOGRAFÍA.....	63
	ANEXOS	64

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.	8
TABLA 2: CALIFICACIÓN DEL NIVEL DE RUIDO	18
TABLA 3: NIVELES DE ILUMINACIÓN DE ACUERDO AL TIPO DE TAREA	19
TABLA 4: LISTADO DE MAQUINARIA	30
TABLA 5: AMBIENTE FÍSICO DEL ÁREA DE EXTRUSIÓN	31
TABLA 6: CALCULO DE MUESTRAS “N”	32
TABLA 7: TIEMPOS REGISTRADOS A OPERADOR DE PRENSA	32
TABLA 8: TIEMPOS REGISTRADOS A AYUDANTE DE PRENSA	33
TABLA 9: TIEMPOS REGISTRADOS A OPERADOR DE ESTIRADORA	33
TABLA 10: TIEMPOS REGISTRADOS A OPERADOR DE SIERRA	34
TABLA 11: TIEMPOS REGISTRADOS A AYUDANTES DE SIERRA	34
TABLA 12: CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR PARA CADA OPERADOR	35
TABLA 13: TIEMPOS OBTENIDOS DANDO SEGUIMIENTO A 5 TOCHOS EXTRUIDOS.	37
TABLA 14: TIEMPOS PROMEDIO POR OPERACIÓN Y LOCACIÓN	38
TABLA 15: TIPOS DE LOCACIÓN A UTILIZAR Y CANTIDAD.	39
TABLA 16: ENTIDADES DEFINIDAS PAR SIMULACIÓN	40
TABLA 17: CONDICIONES DE TRABAJO	43
TABLA 18: RECURSO HUMANO	59
TABLA 19: RECURSOS MATERIALES	59
TABLA 20: RECURSO TECNOLÓGICO	59
TABLA 21: RECURSOS ECONÓMICO	60

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: SISTEMA ORGANIZACIONAL	4
ILUSTRACIÓN 2: ORGANIGRAMA DEL ÁREA DE EXTRUSIÓN.	7
ILUSTRACIÓN 3: SIMBOLOGÍA DE UN DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO	16
ILUSTRACIÓN 4: OPERADOR DE PRENSA	26
ILUSTRACIÓN 5: AYUDANTE DE PRENSA	26
ILUSTRACIÓN 6: OPERADOR DE ESTIRADORA	27
ILUSTRACIÓN 7: AYUDANTE DE ESTIRADORA	27
ILUSTRACIÓN 8: OPERADOR DE SIERRA	28
ILUSTRACIÓN 9: AYUDANTES DE SIERRA	28
ILUSTRACIÓN 10: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	29
ILUSTRACIÓN 11: LISTADO DE LOCACIONES EN MODELO DE PRODUCCIÓN ..	41
ILUSTRACIÓN 12: LAYOUT DE LOCACIONES EN VENTANA DE SIMULACIÓN ..	41
ILUSTRACIÓN 13: ENTIDADES DEFINIDAS EN MODELO DE PRODUCCIÓN	42
ILUSTRACIÓN 14: ARRIBOS DETERMINADOS EN EL MODELO DE PRODUCCIÓN	42
ILUSTRACIÓN 15: PROCESO PRODUCTIVO EN BASE AL MODELO DE PRODUCCIÓN	43
ILUSTRACIÓN 16: DETERMINACIÓN DE CONDICIONES DE TRABAJO EN MODELO DE PRODUCCIÓN	44
ILUSTRACIÓN 17: EJECUCIÓN DE LA SIMULACIÓN DEL MODELO DE PRODUCCIÓN	44
ILUSTRACIÓN 18: UNIDADES ESTABLECIDAS A LA SALIDA DEL PROCESO	45
ILUSTRACIÓN 19: ESTADO DE CAPACIDADES EN LOCACIONES	45
ILUSTRACIÓN 20: ESTADO DE LA ENTIDAD FINAL “CANASTAS DE ALMACENAJE”	46
ILUSTRACIÓN 21: ESTADO DE LA LOCACIÓN “HORNO DE TOCHOS”	46
ILUSTRACIÓN 22: ESTADO DE LA LOCACIÓN “PRENSA”	47
ILUSTRACIÓN 23: ESTADO DE LA LOCACIÓN “MESA DE ENFRIAMIENTO”	47
ILUSTRACIÓN 24: ESTADO DE LA LOCACIÓN “ESTIRADORA”	48
ILUSTRACIÓN 25: ESTADO DE LA LOCACIÓN “RODILLOS DE SIERRA” Y “SIERRA”	48
ILUSTRACIÓN 26: ESTADO DE LA LOCACIÓN “PESAR Y COLOCAR”	49

ILUSTRACIÓN 27: UTILIZACIÓN DE LAS LOCACIONES.....	49
ILUSTRACIÓN 28: PRODUCTIVIDAD DEL ABC ACTUAL	51
ILUSTRACIÓN 29: ABC Y PRODUCTIVIDAD DE LAS REFERENCIAS UTILIZADAS EN OCTUBRE 2018. DE LA 1 A 46.....	51
ILUSTRACIÓN 30: DATOS ESTADÍSTICOS SEGÚN ABC ACTUAL.	52
ILUSTRACIÓN 31: DISPERSIÓN DE DATOS SEGÚN ABC ACTUAL.	53
ILUSTRACIÓN 32: RESULTADOS ESTADÍSTICOS DEL ABC ACTUAL	53
ILUSTRACIÓN 33: RESULTADOS DEL ÁREA DE EXTRUSIÓN DE PRODUCTIVIDAD CON PROPUESTA DE MEJORA.	54
ILUSTRACIÓN 34: DATOS ESTADÍSTICOS CON LA PROPUESTA DE MEJORA.	55
ILUSTRACIÓN 35: DISPERSIÓN DE DATOS ESTADÍSTICOS.....	55
ILUSTRACIÓN 36: RESULTADOS ESTADÍSTICOS SEGÚN ABC PROPUESTO.	55
ILUSTRACIÓN 37: MEJORA DE MANEJO DE EQUIPO PRENSA 1.....	56

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1	10
ECUACIÓN 2	10
ECUACIÓN 3	11
ECUACIÓN 4	11
ECUACIÓN 5	11
ECUACIÓN 6	14
ECUACIÓN 7	22
ECUACIÓN 8	23
ECUACIÓN 9	23
ECUACIÓN 10	50



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Industrial

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TEMA: “ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN EL ÁREA DE EXTRUSIÓN EN LA EMPRESA CEDAL S.A.”

Autores: Edison Leonardo Paredes Almeida y Daniel Santiago Santander Fonseca

RESUMEN

El presente estudio tiene como propósito de evaluación la productividad en el área de extrusión de la Corporación ecuatoriana de aluminio CEDAL S.A., para aumentar la productividad en el proceso de extrusión de aluminio, eliminar cuellos de botella que se presentan durante el transcurso de fabricación de perfiles, a través de un estudio de tiempos y movimientos. En la investigación se examinó en cada una de las actividades de los diferentes puestos de trabajo que conforman el proceso de extruido de perfiles y el sistema productivo, mediante el levantamiento de información de la productividad actual, para posteriormente plantear una propuesta de mejora. Para el levantamiento de información del estudio propuesto se adopta una modalidad de campo, empleando herramientas como la toma de tiempos directa, revisión documental y haciendo uso del software “promodel” para evaluar el sistema productivo del área de extrusión. Los resultados obtenidos permitieron identificar el problema existente en una actividad, misma que no aporta en el cumplimiento de la productividad propuesta debido a que presentan tiempos altos y una baja utilización teniendo un rendimiento máximo en productividad de 800 a 910k/h. A continuación, se plantea una propuesta mediante un cálculo que permita determinar el largo de tocho ideal para las matrices de alta rotación presentes en el ABC del año 2018. Se concluye que en el proceso existen cuellos de botella a causa de un reducido aprovechamiento de las instalaciones generando desperdicios de aluminio y reduciendo por tal motivo la productividad requerida por la empresa. El uso de un nuevo método de trabajo, permite optimizar recursos siendo estos la materia prima y maquinaria, dando el cumplimiento de las metas propuestas y la obtención de productos de calidad que satisfagan las necesidades y requerimientos del cliente.

Palabras clave: productividad, extrusión de aluminio, tiempos y movimientos.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF SCIENCES AND APPLIED ENGINEERING

THEME: “STUDY OF TIMES AND MOVEMENTS IN THE AREA OF EXTRUSION IN THE COMPANY CEDAL S.A.”

Authors: Edison Leonardo Paredes Almeida - Daniel Santiago Santander Fonseca

ABSTRACT

The purpose of this research is to evaluate the productivity in the extrusion area of the “Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A.”, in order to increase the productivity of the aluminium extrusion process, eliminating the bottlenecks that are used during profiling fabrication, through times and movements study. In the research the activities of the different jobs that form the extrusion process of profiles and the productive system were examine, by means of the survey of the real productivity information, later to propose an improvement proposal. In order to gather information from the proposed study, a field modality was adopted, using tools such as direct timing, documental revision and using the "promodel" software to evaluate the production system of the extrusion area. The obtained results allowed identifying the existing problem in an activity, which does not contribute in the fulfilment of the proposed productivity due to the fact that they present high times and a low utilization having a maximum yield in productivity of 800 to 910k / h. Next, a proposal is projected by means of a calculation that allows determining the ideal billet length for the matrices of high rotation present in the ABC of the year 2018. It is concluded that in the process there are bottlenecks due to a reduced use of the facilities generating aluminium waste, and therefore reducing the productivity required by the company. The use of a new work method, allows optimizing resources such as, raw material and machinery, giving an increase of the activities for the fulfilment of the proposed goals and the obtaining of quality products that satisfy the needs and requirements of the client.

Keywords: productivity, aluminum extrusion, times and movements.



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por el señor Egresado de la Carrera de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la Unidad Académica de CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS, PAREDES ALMEIDA EDISON LEONARDO y SANTANDER FONSECA DANIEL SANTIAGO, cuyo título versa "ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN EL AREA DE EXTRUSION EN LA EMPRESA CEDAL S.A. ", lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Febrero del 2019

Atentamente,

Leda María-Fernanda Aguaiza
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0503458499



1 INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto:

Estudio de tiempos y movimientos en el área de extrusión en la empresa CEDAL S.A.

Fecha de inicio:

Abril del 2018

Fecha de finalización:

Febrero 2019

Lugar de ejecución:

Barrio el Niagara, Parroquia La Matriz, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, Empresa CEDAL S.A.

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias de la Ingeniería Y Aplicadas

Carrera que auspicia:

Carrera de Ingeniería Industrial

Proyecto de investigación vinculado:

Ingeniería industrial

Equipo de trabajo:

Tutor:

- Ing. Msc. Hernán Navas

Autores:

- Paredes Almeida Edison Leonardo
- Santander Fonseca Daniel Santiago

Área de conocimiento:

- Procesos Industriales.
- Estudio de tiempos y movimientos.

Líneas de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi

Procesos industriales

Las investigaciones que se desarrollen en esta línea estarán enfocadas a promover el desarrollo de tecnologías y procesos que permitan mejorar el rendimiento productivo y la transformación de materias primas en productos de alto valor añadido, fomentando la producción industrial más limpia y el diseño de nuevos sistemas de producción industrial. Así como diseñar sistemas de control para la producción de bienes y servicios de las empresas públicas y privadas, con el fin de contribuir al desarrollo socioeconómico del país y al cambio de la matriz productiva de la zona.

Sub líneas de investigación de la Carrera de Ingeniería Industrial

Sub-línea 1, Procesos Productivos:

- Optimización de los procesos productivos.

2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Se plantea realizar un Estudio de Tiempos y Movimientos en los procesos del Área de Extrusión de la empresa CEDAL S.A. de la ciudad de Latacunga con el fin de obtener una evidente mejora en los procesos de producción, en el empleo de sus recursos y de tal manera aumentar la productividad de la empresa.

El presente trabajo se va a realizar en la Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A, una compañía ecuatoriana constituida en el año de 1974, con el propósito de fabricar y comercializar perfilaría y otros productos extruidos de aluminio para su uso arquitectónico y estructural.

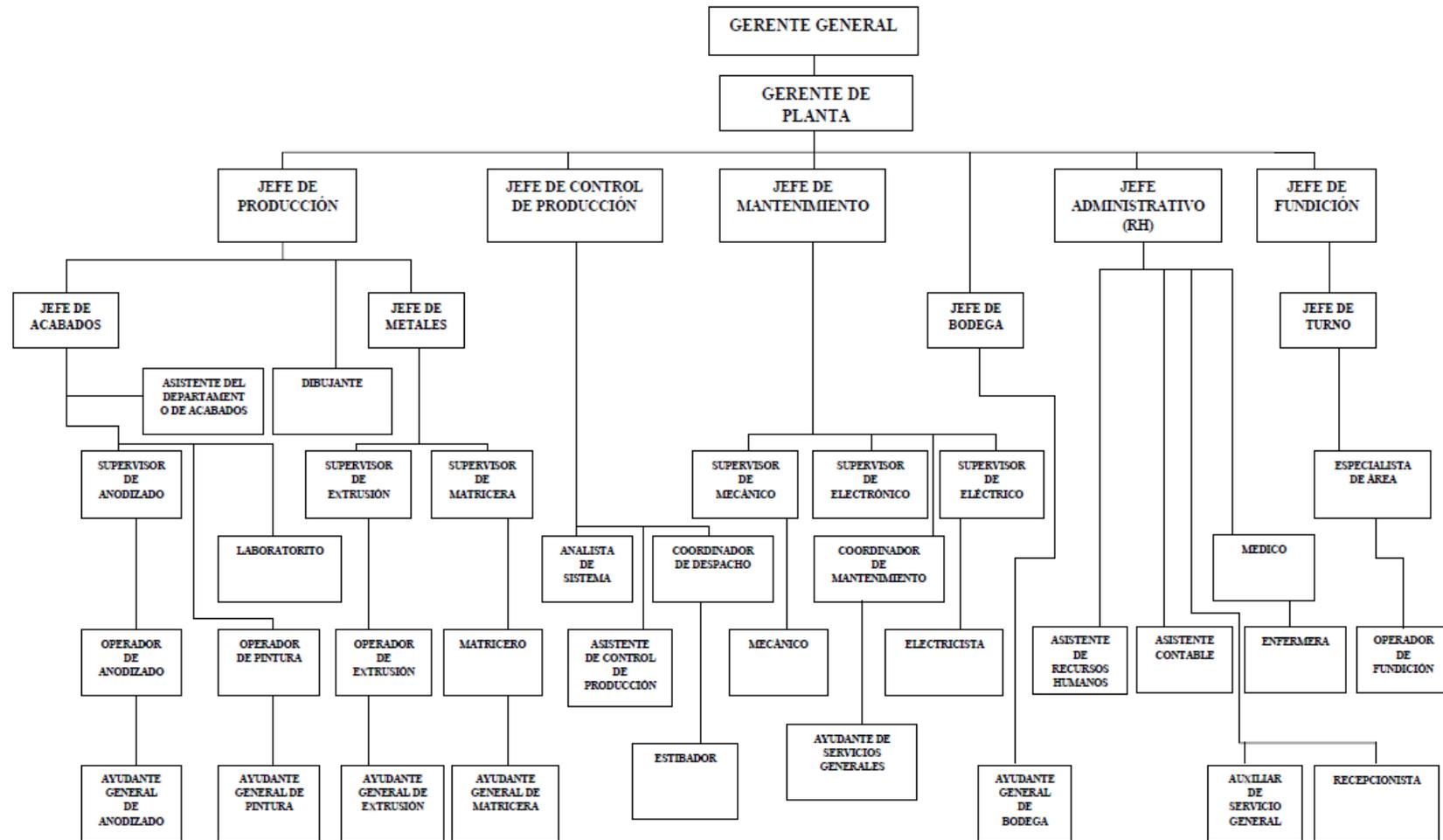
Actualmente es líder en la producción y distribución de perfiles de aluminio en el Ecuador con más de 50 distribuidores exclusivos en todo el país.

CEDAL cuenta con los siguientes procesos productivos.

- Fundición
- Matricería
- Extrusión
- Anodizado
- Pintura Electroestática
- Empaque

CEDAL es reconocida en el mercado nacional y extranjero por la calidad de sus productos, la confiabilidad e integridad de la empresa y su valiosa contribución al desarrollo de la industria del aluminio y la construcción. (CEDAL, 2013)

Ilustración 1: Sistema Organizacional



Fuente: Cedral S.A.

3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Actualmente la industria ecuatoriana está mejorando todos sus procesos, con el fin de tener un producto de excelente calidad, de igual forma la Industria de extrusión de aluminio “CEDAL” ha iniciado un proceso de análisis y optimización de todos sus recursos para obtener una mayor productividad. En el presente documento se hace indispensable presentar la propuesta de “Estudio de tiempos y movimientos, empleados en el área de extrusión de la empresa CEDAL S.A Latacunga.”, el cual busca producir más en menos tiempo, mejorando la eficiencia de los puestos de trabajo.

Por lo tanto, con esta investigación se pretende determinar los problemas existentes en el área de extrusión, clasificarlos de acuerdo a su incidencia en el proceso, proporcionando finalmente soluciones apropiadas, realizable acorde a los requerimientos industriales, técnicos y económicos que vayan en beneficio de todos quienes conforman la organización generando así un ambiente de satisfacción principalmente en la sociedad trabajadora.

Finalmente, la presente propuesta aspira mejorar la productividad del área de extrusión a través de la correcta utilización de los recursos que permitirá minimizar costos y maximizar beneficios.

4 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

4.1 BENEFICIARIOS DIRECTOS:

- Empresa CEDAL S.A. que consta con un total de 220 colaboradores.
- Estudiantes del grupo de trabajo:
 - Paredes Almeida Edison Leonardo.
 - Santander Fonseca Daniel Santiago.

4.2 BENEFICIARIOS INDIRECTOS:

Clientes internos y externos de la empresa.

5 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

5.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

El Área de Extrusión es donde se realiza la deformación plástica al lingote de aluminio para obtener perfilaría, siendo el punto base de los procesos de la cadena de valor empresarial, se convierte en un área donde se necesita tener un mayor cumplimiento de indicadores ya que la productividad de CEDAL depende directamente de cuánto esta área produce.

A lo largo de estos últimos meses se evidencia que el área no cumple con los indicadores propuestos por la gerencia general. Según los presupuestos mensuales el área de extrusión debe cumplir con obtener en promedio 510.365 kilogramos netos de producción mensual, una productividad de 910 kg/h. En los meses de enero a mayo extrusión no sobrepasa de los 424.782 kilogramos netos. En la investigación que se realizó se pudo observar que el equipo de trabajo de extrusión realiza tiempos innecesarios.

El operador de estiradora realiza un recorrido, desde su puesto de trabajo hasta el horno de matrices del lado derecho de la prensa, esto para cambiar matrices y soportes el cual, por cada cambio, se pierden en promedio 4 minutos. Al realizar esta actividad extra, deja su puesto de trabajo durante los 4 minutos, por tal motivo, hasta realizar el cambio la prensa se para. Realizado el cambio la prensa retoma el proceso de extrusión con la nueva matriz.

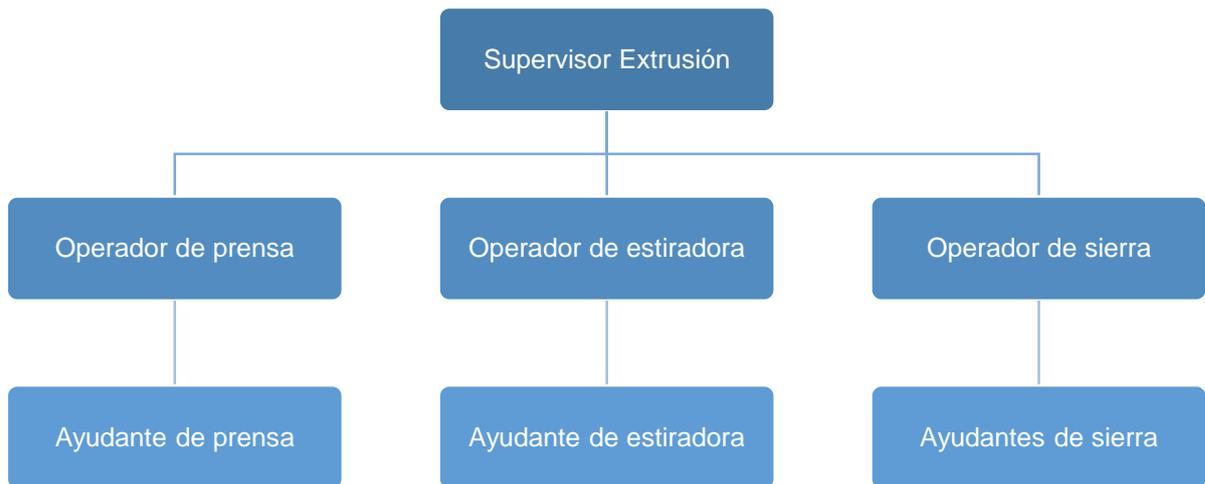
El operador de sierra realiza actividades extra en un promedio de 2 minutos entre las que se evidencian la toma de muestras de perfiles, el colocar la chatarra en su contenedor por el cual tiene que recoger las puntas de los cortes y colocar en el contenedor de chatarra, misma que se encuentra alejada de su puesto de trabajo, en ese lapso de tiempo la sierra deja de trabajar normalmente provocando que la mesa de la estiradora se pare por acumulación de material.

Los ayudantes de sierra realizan actividades extra con un promedio de 3 minutos en su turno de trabajo. El motivo más común que se ha podido observar es la espera de perfiles por parte de los procesos anteriores como son el estirar los perfiles y el corte de perfiles.

Al sumar los tiempos que se pierden en cada proceso en el turno de la mañana, se obtiene un total de 9 minutos perdidos por proceso, desde el cambio de matriz y soporte que es donde comienza el proceso de extrusión hasta los ayudantes de sierra que son los encargados de tomar y colocar los perfiles en sus respectivas canastas para posteriormente enviarlos a los diferentes acabados que realiza la empresa. Cada turno tiene 8 horas de trabajo, durante cada turno

ingresan en promedio 10 matrices, perdiendo un total de 90 minutos o lo que es equivalente a 1 hora y 30 minutos o lo que es igual a 1,5 horas por turno, en un día de trabajo son 4,5 horas. Al tener una productividad de 910 Kg/h, y en promedio 20 días de trabajo al mes, se ha calculado que se pierde 81,9 Toneladas de producción al mes.

Ilustración 2: Organigrama del área de extrusión.



Fuente: Cedal S.A., área de extrusión.

Elaborado por: Autores

5.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cómo reducir los tiempos improductivos existentes en el área de EXTRUSIÓN de la planta CEDAL S.A., para aumentar su productividad?

6 OBJETIVOS

6.1 GENERAL

Realizar la medición de tiempos y movimientos en el Área de Extrusión de la empresa CEDAL S.A para aumentar la productividad.

6.2 ESPECÍFICOS

- Analizar la situación actual de la planta de extrusión.
- Evaluar los tiempos y movimientos de cada puesto de trabajo.
- Proponer la mejora con un nuevo método de trabajo.

7 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1: Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.

Objetivos	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
1. Analizar la situación actual de la planta de extrusión de acuerdo a su productividad.	✓ Inspección visual del área de extrusión.	✓ Conocer el área de extrusión.	✓ Recorrer el área de extrusión.
	✓ Solicitar la productividad mensual del área de extrusión desde el inicio del presente año.	✓ Verificar el cumplimiento de los resultados obtenidos de acuerdo a la planificación de productividad.	✓ Comparar los resultados de productividad esperados vs los resultados obtenidos mediante gráficos en Excel.
	✓ Registrar los puestos de trabajo del proceso y sus actividades.	✓ Separar el proceso de extrusión según puestos de trabajo. ✓ Identificar las actividades realizadas en cada puesto de trabajo.	✓ Realizar diagrama de flujo con cada puesto de trabajo.

Tabla 1: Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados. (Continuación)

2. Evaluar los tiempos y movimientos de cada puesto de trabajo.	✓ Medir los tiempos en cada puesto de trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Obtener todos los datos necesarios para su análisis. ✓ Determinar un tiempo estándar del proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cronómetro. ✓ Matriz de actividades/ observaciones.
	✓ Identificar cuáles son los puestos críticos de mayor pérdida de tiempo.	✓ Hacer énfasis en las actividades que necesitan ser corregidas.	✓ Comparar los tiempos de actividades en los diferentes puestos de trabajo mediante gráficos en Excel.
	✓ Tabular los tiempos obtenidos de cada puesto de trabajo de cada uno de sus operadores.	✓ Realizar tablas comparativas de los tiempos obtenidos de cada turno.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Excel. ✓ Diagrama de barras.
3. Proponer la mejora con un nuevo método de trabajo.	✓ Elaborar un nuevo método de trabajo de acuerdo a los datos obtenidos.	✓ Presentar un nuevo método de trabajo que mejore los procesos productivos.	✓ Presentar una base de datos en Excel con resultados esperados.
	✓ Capacitaciones al personal con el nuevo método de trabajo.	✓ Seguimiento y evaluación del personal.	✓ Resultados de la evaluación.
	✓ Presupuestar el estudio de tiempos y movimiento realizados en el área de extrusión.	✓ El costo del estudio es accesible para su implantación y aplicación en cualquier área de trabajo.	✓ Calcular presupuesto con base a los gastos realizados durante la investigación.

Elaborado por: Autores

8 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1 PRODUCTIVIDAD

Según la Oficina Internacional del Trabajo, la productividad suele definirse como la relación entre la producción obtenida y los recursos utilizados para obtenerla, definición que puede aplicarse a distintos niveles de análisis (empresa, sección, economía de un país, etc.). Así también, puede ser reducida para fines operacionales al equilibrio aritmético entre lo que se invierte en recursos y la cantidad de bienes o servicios obtenidos.

La productividad es variable, y esta variación de la productividad está ligada a factores como: la planificación del trabajo, la instalación de nuevos equipos, el nivel de experiencia de los trabajadores, la calidad de la información aportada en planos, pautas, normas, etc. (CURRIE, 1979)

El objetivo principal de un gerente de producción es el de fabricar un producto de calidad, a tiempo, al menor costo posible con una inversión de capital mínima y una satisfacción de los empleados máxima. (Niebel, 2004)

8.1.1 MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD.

En las empresas que miden su productividad, la fórmula que se utiliza con más frecuencia es:

Ecuación 1

$$Productividad = \frac{\text{número de unidades producidas}}{\text{insumos empleados}}$$

Este modelo es aplicado en empresas manufactureras, taller u organización quien fabrique un conjunto uniforme de productos. Sin embargo, muchas empresas modernas manufacturan una gran variedad de productos.

La fórmula se convertiría entonces en:

Ecuación 2

$$Productividad = \frac{\text{Producción A} + \text{Producción B} + \text{Producción C}}{\text{insumos empleados}}$$

Un aumento de la productividad se conseguirá cuando se emplee, para una misma producción, la más pequeña cantidad de materiales, de la calidad suficiente, en el menor tiempo de fabricación, con el mínimo de trabajo, etc.

Ecuación 3

$$\text{Mayor productividad} = \frac{\text{Igual producción}}{\text{Menor cuantía de elementos empleados}}$$

Ecuación 4

$$\text{Mayor productividad} = \frac{\text{Mayor producción}}{\text{Igual cuantía de elementos empleados}}$$

8.1.2 ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD.

Con el fin de medir el progreso de la productividad, generalmente se emplea el índice de productividad (P), como punto de comparación:

Ecuación 5

$$P = \frac{(\text{Productividad observada}) * 100}{\text{Estándar de productividad}}$$

La productividad observada es la productividad medida durante un período definido (día, semana, mes, año) en un sistema conocido (taller, empresa, sector económico, departamento, mano de obra, energía, país); el estándar de productividad es la productividad base o anterior que sirve de referencia. (RIGGS, 1999)

8.2 MÉTODOS Y TIEMPOS DE TRABAJO

El estudio de tiempos y movimientos es el estudio de técnicas. Los gerentes de las empresas manufactureras buscan estas técnicas en el momento en que contratan un experto para que se encargue en ingeniería de manufactura y de ingeniería industrial. Las técnicas de los estudios de tiempos y movimientos son herramientas para mejorar las operaciones en las áreas de nuestro interés. Dichas herramientas funcionan en todos los ámbitos de la actividad humana; así, cuanto más técnicas (herramientas) conozca un empleado, tanto más valioso será para su empresa. 12

Aprender las técnicas para el estudio de tiempos y movimientos y siempre se tendrá trabajo que realizar. (Meyers, 2000)

8.2.1 INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE MÉTODOS Y MEDICIÓN DEL TRABAJO.

El análisis del método y la medición del trabajo son los pilares que sostienen el diseño de los sistemas de trabajo. La finalidad del diseño del trabajo es encontrar las maneras más eficientes de realizar las funciones necesarias.

La ingeniería de métodos incluye el diseñar, crear y seleccionar el mejor método, proceso, herramientas, equipos y habilidades de los colaboradores para fabricar un producto. (Niebel, 2004)

Debido a que actualmente existe mayor influencia de la tecnología y los procesos sistemáticos, el buscar la mejora de métodos óptimos para el trabajo no ha sido indiferente. Estudios recientes muestran aplicaciones de técnicas que optimizan varias industrias y empresas de todo tamaño, para aumentar la eficiencia de los procesos. Se realizan investigaciones para solucionar problemas de balanceo de líneas de montaje con estaciones de trabajo multi-trabajadores, se han llevado a cabo aplicando formulación de programación entera mixta, algoritmos heurísticos basados en reglas de prioridad y algoritmos genéticos. (Kellegöz & Toklu, 2015)

8.2.2 MÉTODOS DE TRABAJO.

El estudio de los métodos de trabajo consiste en el registro, análisis y examen crítico de forma sistematizada, de los métodos existentes y de las propuestas para llevar a cabo un trabajo, en el desarrollo y aplicación de los métodos más sencillos y eficientes, de tal manera consiste en ver el modo de realizar un trabajo, en mejorar la forma de ejecutarlo y en adiestrar al personal en los nuevos procedimientos implementados.

8.2.3 INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS Y TIEMPOS DE TRABAJO EN LA PRODUCCIÓN

- Fabricación: El análisis de los métodos indica cómo se realiza mejor el trabajo y los tiempos estándar indican en que tiempo se debe hacer.
- Ingeniería: Los diseños de productos y equipos incorporan las planeaciones de métodos y procesos.

- Ventas: El costo del producto depende en buena parte de los métodos de fabricación y los controles de medición.
- Relaciones industriales: Las buenas relaciones laborales son el resultado de salarios equitativos basados en el contenido del trabajo.
- Control de producción: El control de cantidad y calidad depende de los tiempos estándares y del análisis del proceso.

8.2.4 TIEMPOS DE TRABAJO.

El estudio de tiempos es un proceso sistemático para desarrollar un centro de trabajo eficiente mediante tiempos estándar.

En el pasado los analistas se apoyaban en las estimaciones como un medio para establecer los estándares. Con la creciente competencia que se tiene hoy en día de productores, se ha incrementado el esfuerzo para establecer estándares basados en los hechos y no en el juicio. (Niebel, 2004)

El objetivo del estudio de tiempos es determinar el tiempo estándar para una operación, o sea el tiempo que requiere un operador calificado y totalmente adiestrado para realizar la operación aplicando un método específico y trabajando a ritmo normal, es decir ni muy rápido ni muy lento. (NIEBEL, 1996)

8.2.4.1 ELEMENTOS DEL ESTUDIO DE TIEMPOS

El tiempo de reloj (TR). Es el tiempo que el operario está trabajando en la ejecución de la Tarea encomendada y que se mide con el reloj. No se cuentan los paros realizados por el productor, tanto para atender sus necesidades personales como para descansar de la fatiga producida por el propio trabajo.

El factor de ritmo (FR). Este nuevo concepto sirve para corregir las diferencias producidas al medir el TR, motivadas por existir operarios rápidos, normales y lentos, en la ejecución de la misma tarea, el coeficiente corrector FR queda calculado al comparar el ritmo de trabajo desarrollados por el productor que realiza la tarea, con el que desarrollaría un operario capacitado normal, y conocedor de dicha tarea.

Tiempo normal (TN). Es el tiempo que un operario capacitado, conocedor del trabajo y desarrollándolo a ritmo normal, emplearía en la ejecución de la tarea objeto del estudio, su valor se determina al multiplicar TR por FR.

Los suplementos de trabajo (K). El objeto fundamental de todos los suplementos es agregar el tiempo suficiente al tiempo de producción para que el trabajador promedio cumpla con el estándar cuando tiene su desempeño estándar.

- Por fatiga, del 2 al 10% dependiendo del trabajo. Si el trabajo es ligero y existen descansos a la mitad de la jornada no se tomará en cuenta suplementos por fatiga.
- Se tomará máximo un 2% por retraso.
- Por necesidades personales, 5% para hombres y 6% para mujeres

Ecuación 6

$$\text{Suplementos} = \%K * TN = \%K * TR * FR$$

Ciclos de estudio. Para obtener un tiempo justo, será preciso tomar varias veces el tiempo de reloj de cada uno de los elementos para que entre ellos se pueda calcular el que represente a todos ellas compensando las variaciones que pueden existir entre los mismos.

Tiempo tipo. (Tt). Podemos definir al tiempo tipo de una operación, como el tiempo en el cual un operario, trabajando a paso normal, realiza dicha tarea, tomando en cuenta suplementos por fatiga, retraso y necesidades personales. (FUERTES, 2000)

8.3 DIAGRAMAS DE MÉTODOS DE TRABAJO

Son representaciones gráficas de las actividades de un proceso que incluyen las demoras, el transporte y el almacenamiento. En estos diagramas se hace una representación más detallada que en los diagramas de operaciones. Es común realizar dos tipos de diagramas de análisis uno tipo material y otro tipo hombre.

8.3.1 DIAGRAMAS DE LOS PROCESOS DE TRABAJO.

Son representaciones gráficas de la secuencia cronológica de todas las operaciones, a partir del diseño del producto conociendo por un análisis del mercado y predicciones de venta, la cantidad que se debe producir, es necesario decidir la forma en que se va a fabricar el producto en el taller o en máquinas, inspecciones, materiales y tiempos, cada acción se halla representada por medio de signos convencionales normalizados por la ASME (ASOCIATION ESTÁNDAR

MECHANIC ENGINEERS). Se ha convenido que todas las actividades que pueden intervenir en un proceso de trabajo, pueden reducirse fundamentalmente a cuatro clases de acciones.

- Dentro de cada símbolo aislado o en combinación con otro debe quedar espacio suficiente para escribir.
- Los símbolos deben ser perfectamente combinables.
- Sólo se deben emplear en un sentido u orientación.
- Deben poderse dibujar fácilmente a mano, con suficiente claridad.

8.3.2 DIAGRAMA DE PROCESO.

Este diagrama muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones en taller o en máquinas, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales a utilizar en un proceso de fabricación o administrativo, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque o arreglo final del producto terminado.

Operación. - Tiene lugar una operación cuando, se modifica intencionalmente un objeto, cuando se desmonta o monta se prepara para otra operación, transporte inspección o almacenaje. También tiene lugar una operación cuando se realiza un cálculo o planteamiento está representado por un círculo mediano.

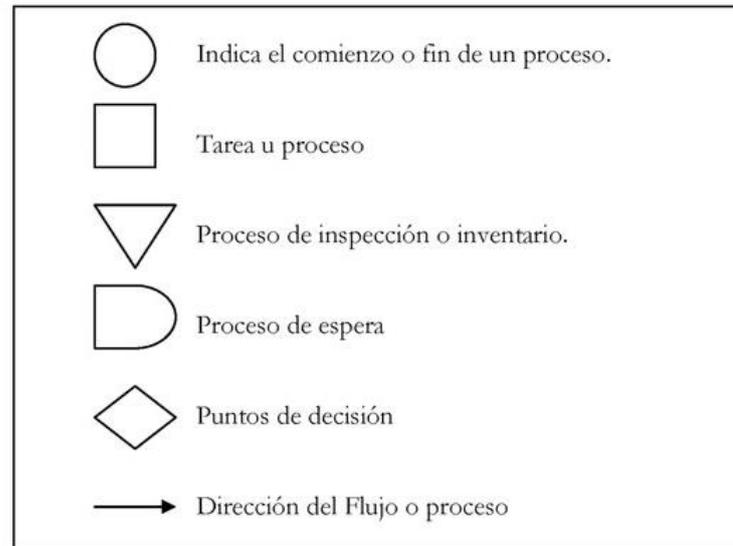
Transporte. - Indica el movimiento de los trabajadores, material y equipo de un lugar a otro, salvo cuando el movimiento forma parte de la operación o es originado por el operario en el puesto de trabajo durante una operación o una inspección.

Inspección. - Tiene lugar una inspección cuando se examina un objeto para su identificación, o se verifica la calidad o cantidad en cualquiera de sus características, no contribuye a la conversión del material en producto acabado.

Demora. - Tiene lugar una demora cuando las circunstancias, excepto las inherentes al proceso, no permiten la ejecución inmediata de la acción siguiente prevista.

Almacenaje. - Tiene lugar un almacenaje cuando se guarda o protege un objeto de forma que no se pueda retirar sin la correspondiente autorización. (FUERTES, 2000)

Ilustración 3: Simbología de un diagrama de flujo de proceso



Elaborado por: Autores

8.3.3 DIAGRAMA DE RECORRIDO.

El diagrama de recorrido es un modelo más o menos a escala, que muestra el lugar donde se efectúan actividades determinadas y el trayecto seguido por los trabajadores, los materiales o el equipo a fin de ejecutarlas. (NIEBEL, 1996)

En el diagrama de recorrido, se dibujan sobre un plano líneas que representan el camino recorrido y se insertan los símbolos del diagrama de proceso para indicar lo que se está haciendo, incluyendo breves anotaciones que amplían su significado. El diagrama de recorrido nos sirve para poder mejorar o cambiar la distribución de las máquinas, puestos de trabajo, almacenes y oficinas para obtener un mejor tiempo de producción o una mejor distribución del trabajo. Estos diagramas también pueden ser como los de proceso del tipo hombre o del tipo producto; al igual que los del proceso deben realizarse por separado. (Correa Butista, 2013)

8.3.3.1 PASOS PARA REALIZAR UN DIAGRAMA DE PROCESO Y DE RECORRIDO

- Fijar la actividad a estudiar: Decir si el sujeto a seguir es una persona, un producto, una pieza, una materia, o un impreso.
- No cambiar de sujeto durante la construcción del diagrama: Escoger un punto de partida y de llegada definido a fin de estar seguro que se cubrirá el proceso que se quiere estudiar.

- El diagrama del proceso se debe dibujar en una hoja de papel de tamaño adecuado, con el fin de dejar espacio para: encabezamiento, descripción, resumen.
- El encabezamiento debe identificar el proceso a estudiar. El cuerpo del diagrama del proceso debe tener columnas para el recorrido, (distancia en metros), el símbolo, la descripción y, posiblemente para el tiempo. Se deben usar los seis símbolos de los diagramas del proceso según el caso y, si se desea que el análisis sirva para algo, se recogerán todas las fases del proceso. Las fases innecesarias y las ineficaces en el trabajo se han de ver antes de poder eliminarlas.
- Agregar una tabla de resumen al final del diagrama del proceso mostrando el número de operaciones, el número de movimientos de cada clase, la distancia total recorrida por el objeto de estudio, el número de inspecciones y el de almacenajes y de esperas. Después de estudiar las mejoras se hará un resumen combinando el método antiguo y moderno y las diferencias entre los dos.
- Obtener los planos de los pisos de la fábrica, con la situación de la maquinaria y el equipo utilizado en la fabricación de la pieza. Si no existen dibujarlos a escala. Con frecuencia es conveniente pegar las copias de los planos sobre un tablero o mesa de dibujo y luego recortar las plantillas de cartón que representen las máquinas (a la misma escala del plano). Estas plantillas se pueden utilizar para estudiar los cambios de distribución. A veces se ocupan los modelos tridimensionales en lugar de plantillas.
- Dibujar sobre los planos, a lápiz el recorrido de las piezas, anotando, por medio de flechas la dirección del movimiento. (NIEBEL, 1996)

8.4 CONDICIONES DE TRABAJO

La constante e innovadora mecanización del trabajo, los cambios de ritmo, de producción, los horarios, las tecnologías, aptitudes personales, etc., generan una serie de condiciones que pueden afectar a la salud; estas son las denominadas Condiciones de trabajo, a las que podemos definir como “el conjunto de variables que definen la realización de una tarea en un entorno determinando la salud del trabajador en función de tres variables: física, psicológica y social.”

8.4.1 RUIDO.

Las personas sometidas a altos niveles de ruido aparte de sufrir pérdida de su capacidad auditiva pueden llegar a la sordera, acusan una fatiga nerviosa que es origen de una disminución de la eficiencia humana tanto en el trabajo intelectual como en el manual.

Tabla 2: Calificación del nivel de ruido

Ambiente	DB
Sala de grabación	25
Oficinas	45
Bancos, almacenes	50
Fábricas	50-80

Fuente: O.I.T

8.4.2 TEMPERATURA.

La calefacción mejora el ambiente de trabajo, eliminando el frío, reduce las bajas por enfermedades y mantiene el rendimiento de trabajo en las condiciones óptimas.

- A 10°C aparece el agotamiento físico de las extremidades.
- A 18°C son óptimos.
- A 24°C aparece la fatiga física.
- A 30°C se pierde agilidad y rapidez mental, las respuestas se hacen lentas y aparecen los errores.
- A 50°C son tolerables una hora con la limitación anterior.
- A 70°C son tolerables media hora, pero está muy por encima de la posibilidad de actividad física o mental.

8.4.3 VENTILACIÓN.

Para un número constante de trabajadores, la intensidad de la ventilación debe ser inversamente proporcional al tamaño del local. El objetivo de la ventilación es dispersar el calor producido por las máquinas y los trabajadores, por consiguiente, habría que intensificar la ventilación en los locales en que exista una mayor concentración de máquinas y trabajadores.

8.4.4 ILUMINACIÓN.

Para conseguir una iluminación correcta se deben tener en cuenta, el objetivo principal que se debe alcanzar es que la cantidad de energía luminosa que llegue al plano de trabajo sea la adecuada para la consecución del mismo.

Tabla 3: Niveles de iluminación de acuerdo al tipo de tarea

Lux	Tipo de trabajo
1000	Joyería y relojería, Imprenta
500 a 1000	Ebanistería
300	Oficinas, Bancos de taller
200	Industria conservera
100	Sala de máquinas y calderas, Depósitos y almacenes
50	Manipulación de mercancías

Fuente: O.I.T

8.5 ERGONOMÍA

La ergonomía, es el proceso de adaptar el trabajo al trabajador. La ergonomía se encarga de diseñar las máquinas, herramientas y la forma en que se desempeñan las labores para mantener la presión del trabajo en el cuerpo a un nivel mínimo. La ergonomía pone énfasis en cómo se desarrolla el trabajo, es decir, qué movimientos corporales hacen los trabajadores y qué posturas mantienen al realizar sus labores.

8.5.1 COMO IDENTIFICAR PROBLEMAS ERGONÓMICOS.

Existen las características conocidas como factores de riesgo que son:

- **Repetición:** Es cuando el trabajador está usando constantemente sólo un grupo de músculos y tiene que repetir la misma función todo el día.
- **Fuerza excesiva:** Es cuando los trabajadores tienen que usar mucha fuerza continuamente, por ejemplo, al levantar, empujar o jalar.
- **Posturas incómodas:** Es cuando el trabajo obliga al trabajador a mantener una parte del cuerpo en una posición incómoda.
- **Tensión mecánica:** Es cuando el trabajador tiene que golpear o empujar una superficie dura de la maquinaria o herramienta constantemente.
- **Herramientas:** Es cuando el trabajador debe usar frecuentemente vibradoras: herramientas vibradoras, especialmente en ambientes de trabajo fríos.
- **Temperatura:** Cuando los trabajadores tienen que realizar sus labores en lugares demasiado calientes o fríos.

8.5.2 ERGONOMÍA DEL TRABAJO.

El diseño ergonómico del puesto de trabajo intenta obtener un ajuste adecuado entre las aptitudes o habilidades del trabajador y los requerimientos o demandas del trabajo. El objetivo final, es optimizar la productividad del trabajador y del sistema de producción, al mismo tiempo que garantizar la satisfacción, la seguridad y salud de los trabajadores, el diseño adecuado del puesto de trabajo debe servir para:

- Garantizar una correcta disposición del espacio de trabajo.
- Evitar movimientos que fuercen los sistemas articulares.
- Evitar los trabajos excesivamente repetitivos. (NIEBEL, 1996)

La ergonomía actualmente es una disciplina la cual muchos investigadores se dedican a estudiarla debido a su componente social, aunque, en el ámbito gerencial suelen asociar a la ergonomía con la seguridad y salud ocupacional, no con el rendimiento de una organización. (Greig & Neumann, 2015)

8.6 DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

La distribución de planta es un concepto relacionado con la disposición de las máquinas, los departamentos, las estaciones de trabajo, las áreas de almacenamiento, los pasillos y los espacios comunes dentro de una instalación productiva propuesta o ya existente. La finalidad fundamental de la distribución en planta consiste en organizar estos elementos de manera que se asegure la fluidez del flujo de trabajo, materiales, personas e información a través del sistema productivo.

8.6.1 CAUSAS BÁSICAS DE CAMBIOS EN LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

- Ineficiencia en la distribución actual.
- Cambios en el volumen de producción mejor aprovechamiento del espacio para aumentar el número de equipos y las necesidades de almacenamiento.
- Cambios en la tecnología y los procesos variaciones en los flujos de materiales y cambios en los equipos e instalaciones, y en las necesidades de mano de obra, tanto a nivel cuantitativo como cualitativo.
- Cambios en los productos.
- Cambios en las normativas referentes a seguridad laboral o condiciones de trabajo.

(VEDDER, 1977)

8.7 COSTOS DE PRODUCCIÓN

La empresa es el instrumento universalmente empleado para producir y poner en manos del público la mayor parte de los servicios existentes en la economía. La empresa desarrolla su actividad en conexión con otros agentes y esta relación condiciona el cumplimiento del objetivo que motiva su existencia. Para tratar de alcanzar sus objetivos, la empresa obtiene del entorno los factores que emplea en la producción, tales como las materias primas, maquinarias y equipo, mano de obra, capital, etc.

Toda empresa al producir incurre en costos. Los costos de producción están en el centro de las decisiones empresariales, ya que todo incremento en este rubro normalmente significa una disminución de los beneficios de la empresa.

8.7.1 DEFINICIÓN DE COSTOS.

Se refiere al valor de los recursos económicos utilizados como resultado de la producción o fabricación de aquello que se valora. Dicho costo se puede descomponer en una serie de elementos de costo, siendo cada uno de ellos el costo de un recurso individual consumido por aquello que se valora.

Los costos de producción llamados también costos de operación, son gastos que hace una empresa para obtener un producto.

8.7.1.1 OBJETIVOS DE LA DETERMINACIÓN DE COSTOS.

Entre los objetivos y funciones de la determinación de costos, encontramos:

- Servir de base para fijar precios de venta y para establecer políticas de comercialización.
- Facilitar la toma de decisiones.
- Permitir la valuación de inventarios.
- Controlar la eficiencia de las operaciones.

9 HIPÓTESIS:

La realización de un estudio de tiempos y movimientos existentes en el área de EXTRUSIÓN de la Planta CEDAL S.A., logrará aumentar su productividad.

9.1 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Variable dependiente:

Productividad de perfiles de aluminio.

Variable independiente:

Estudio de tiempos y movimientos en el proceso de extrusión del aluminio.

10 METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL:

Para la reducir las pérdidas de tiempos y movimientos existentes en el área de extrusión de la empresa CEDAL S.A., se realizaron algunas actividades comprendidas en las siguientes etapas:

Etapa 1. Selección del trabajo o puesto a estudiar.

En esta etapa se realizó un estudio detallado sobre el proceso de fabricación de perfiles de aluminio. En un primer momento se diseñó una matriz para la recolección de las actividades y los tiempos en el proceso de extrusión del aluminio. En un segundo momento se tuvo un acercamiento al área de la prensa 1 en donde se encuentran todos los colaboradores y se realizó una inspección visual de todo el proceso, con el fin de, al momento de realizar la toma de tiempos, no interferir con el trabajo u obstaculizar otros procesos que se llevan a cabo en el área de extrusión.

Etapa 2. Registrar por observación directa el proceso utilizando las técnicas más adecuadas.

Luego de seleccionar el puesto que se va a estudiar, se dividió dicho proceso en diferentes actividades y a su vez estas actividades se dividieron en elementos de estudio. Para comenzar, se realizó una toma inicial de cinco (5) datos de los tiempos de ejecución de cada uno de estos elementos y a partir de la toma inicial se realizó el cálculo de la muestra final, para determinar el número necesario de datos para el estudio de tiempos, el cual se calcula a partir de una ecuación (7) estipulada para dicho fin por la OIT.

Ecuación 7

$$n = \left(\frac{40\sqrt{n'\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}}{\Sigma x} \right)$$

Siendo:

n = Tamaño de la muestra que deseamos determinar.

n' = Número de observaciones del estudio preliminar (5 datos).

Σ = Suma de los valores.

x = Valor de cada una de las observaciones.

Etapa 3. Cálculo de tiempo estándar de los elementos y del proceso.

Con base en la información obtenida en la etapa anterior sobre los tiempos básicos o normales de los elementos, en primer lugar, se procedió a calcular el tiempo normal para cada actividad del proceso, sumando los tiempos normales de cada uno de los elementos que forman la actividad. El siguiente paso que se realizó es el cálculo de los suplementos de trabajo, los cuales se determinan según las condiciones y/o factores que intervienen en la ejecución de cada una de las actividades del proceso. Finalmente se calculó el tiempo estándar (9), tanto para cada actividad del proceso como para el proceso en general, donde al tiempo básico o normal se les agregó el tiempo correspondiente a los suplementos de trabajo. (Grimaldo, Silva, Molina, & Fonseca , 2014)

Ecuación 8

$$Tn = To * \left(\frac{\text{Valor atribuido}}{\text{Valor estándar}} \right)$$

Ecuación 9

$$TE = Tn * (1 + \text{SUPLEMENTOS})$$

11 ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En base a lo planteado en las actividades del primer objetivo específico y para dar cumplimiento, se ha recorrido toda el área de extrusión obteniendo de tal manera todos los datos posibles para su estudio tales como los subprocesos existentes, el número de trabajadores presentes en dichos subprocesos y las actividades que se realizan.

11.1 SITUACIÓN ACTUAL

El presente trabajo investigativo se realizó en el área de extrusión de la Corporación ecuatoriana de aluminio CEDAL S.A. lugar en el cual están presentes las máquinas en donde la materia prima es procesada, partiendo de lingotes de aluminio presentes en medidas de 22, 24 y 26 pulgadas para finalmente obtener perfiles los cuales de acuerdo al pedido de los clientes pasarán a los diferentes acabados que existen en la empresa.

11.1.1 DESCRIPCIÓN Y DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

El proceso de producción de perfiles comienza con la alimentación de la prensa de tochos de aluminio los cuales son transportados a partir de una bodega externa de materia prima y cuenta con una grande capacidad. Estos tochos son trasladados mediante un montacargas desde su bodega exterior al pequeño almacén temporal de la prensa.

A partir del pequeño almacén temporal, los tochos pasan a un horno con una capacidad de 10 tochos de aluminio mismos que son llevados a una temperatura de 450° C para poder ser extruidos en la prensa. El proceso es automatizado puesto que al salir un tocho a la temperatura necesaria, otro tocho que se encuentra en cola entra al horno.

Una vez que el tocho tiene la temperatura adecuada, pasa a la prensa mediante un brazo automatizado que lo eleva a la punta de la boca de la prensa en donde se encuentran las matrices colocadas junto con soportes de acuerdo al número de bocas de la matriz de un extremo y al otro se encuentra un disco fijo o dummy block el cual ejerce la presión necesaria para la extrusión del aluminio.

Al salir los perfiles con la forma deseada se encuentra una mesa de salida. Aquí los perfiles son acomodados mediante separadores colocados verticalmente, actividad que sirve para que los perfiles en caliente no se adhieran entre si y sigan un camino derecho hacia el puller, un brazo robótico que sostiene la punta de los perfiles y los arrastra hacia la mesa de enfriamiento conforme van saliendo de la prensa y es cortado mediante una sierra. La longitud viene determinada mediante una formula y esta actividad la realiza el operador de prensa.

En la mesa de enfriamiento se realiza un primer control de calidad, control de dimensiones haciendo uso de herramientas como escuadras y calibradores pie de rey digitales; si los perfiles tienen las dimensiones y ángulos adecuados siguen normalmente el proceso, caso contrario son marcados para identificarlos fácilmente y enviarlos a chatarra. Los perfiles permanecen en

reposo por un cierto tiempo para movilizarse a través de rodillos a la siguiente actividad que es el de estirar los perfiles mediante una estiradora fija y otra móvil que se encuentra al otro extremo.

Después de estirar los perfiles, estos se son trasladados mediante rodillos a la sierra, maquina en donde los perfiles vienen cortados de acuerdo a una cierta longitud, la misma que viene ingresada por el operador de la sierra. Aquí se realizan 2 actividades, pero siguiendo la misma actividad de cortado, puesto que se cortan los perfiles, que son enviados a la balanza, y también se cortan las puntas y el material desechado y que posteriormente son llevados a un contenedor de chatarra.

A continuación, los perfiles cortados son enviados a la balanza, lugar en el cual el producto es analizado para verificar su calidad, si pasa el proceso viene pesado y los datos son ingresados en una computadora donde se genera un ticket de registro. Luego los perfiles se colocan en canastas y en diferentes pisos por medio de separadores. En caso de no pasar el control de calidad, los perfiles regresan a la sierra para ser cortados y enviados a chatarra. Este trabajo es ejecutado por los ayudantes de sierra.

Una vez que los perfiles se encuentran en las canastas, pasan a una bodega temporal que se encuentra en la misma área de extrusión. El volante de montacargas es el encargado de llevar las canastas al siguiente proceso según el acabado que sea requerido.

11.1.2 IDENTIFICACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO Y ACTIVIDADES

El proceso de extrusión de perfiles de aluminio tiene varios puestos de trabajo en los cuales se realizan diferentes actividades.

Estos puestos de trabajo y sus actividades son las siguientes:

- 1) Operador de prensa:
 - a) Programación de matrices: revisar el pedido diario de perfiles.
 - b) Realizar reportes: ingresar datos de producción diaria.
 - c) Operar la prensa: manipulación de la máquina.
 - d) Controlar temperatura de lingotes: verificar la temperatura de lingotes antes de iniciar el proceso de extrusión.

Ilustración 4: Operador de prensa



Fuente: Cedal S.A.

2) Ayudante de prensa:

- a) Montaje de matrices y soportes: colocar matrices y soportes en container.
- b) Cuadrar perfiles: acomodar perfiles al momento de salida de la prensa.
- c) Control de calidad: verificar superficie, dimensiones y ángulos.
- d) Retirar desperdicios de lingotes: retirar resto de lingotes (Butts).

Ilustración 5: Ayudante de prensa



Fuente: Cedal S.A.

3) Operador de estiradora:

- a) Control de calidad: verificación de espesores, dimensiones y superficies.
- b) Estirar perfiles: cuadrar perfiles y realizar su estiramiento.
- c) Montaje de matrices: colocar matrices y soportes en container.

Ilustración 6: Operador de estiradora



Fuente: Cedal S.A.

4) Ayudante de estiradora:

- a) Cuadrar perfiles: alinear perfiles para su respectivo estiramiento.

Ilustración 7: Ayudante de estiradora



Fuente: Cedal S.A.

5) Operador de sierra:

- a) Verificar medidas requeridas de perfiles: dimensiones y longitud de perfiles a cortar.
- b) Programar sierra para corte de perfiles: ingresar datos de longitud para corte en la máquina.
- c) Verificar tipo de acabado requerido: verificar en el sistema los tipos de acabado según pedidos.
- d) Control de calidad: verificación de espesores, dimensiones y superficies.
- e) Corte de chatarra: cortar puntas y perfiles rechazados.

- f) Ubicar chatarra: transportar puntas a contenedor de chatarra.

Ilustración 8: Operador de sierra



Fuente: Cedral S.A.

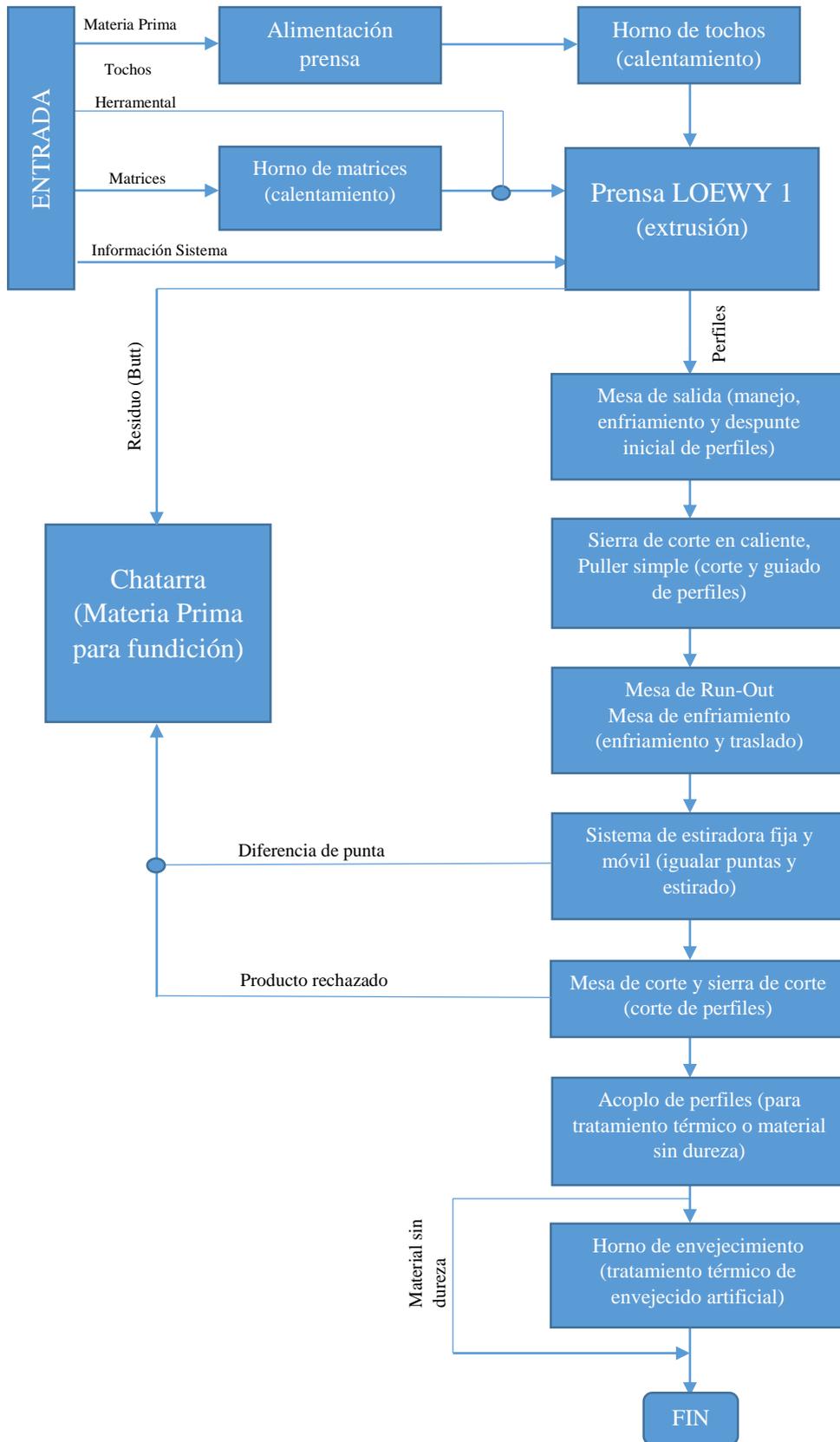
- 6) Ayudantes de sierra:
- a) Control de calidad: verificación de espesores, dimensiones y superficies.
 - b) Pesar perfiles: trasladar perfiles a balanza.
 - c) Ingresar datos al sistema: ingresar datos del peso de perfiles.
 - d) Colocar perfiles en canastas: acomodar de forma correcta los perfiles.

Ilustración 9: Ayudantes de sierra



Fuente: Cedral S.A.

Ilustración 10: Diagrama de flujo del proceso



Fuente: Cedral S.A.

11.1.3 DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

El área de extrusión cuenta con una distribución de planta lineal en forma de “U”, desde el momento en que ingresa la materia prima hasta obtener el producto en proceso.

La línea de producción de perfiles cuenta con 7 personas que se localizan de acuerdo a la maquinaria existente y las actividades a realizar. También se cuenta con un supervisor de área y de un volante de montacargas.

11.1.4 MAQUINARIA Y EQUIPOS

La maquinaria es muy importante para el proceso de fabricación de perfiles dado que ahorran esfuerzos que manualmente serían imposibles realizar, aumenta y agilitan los procedimientos, satisfacen varias necesidades y lo que es más importante, ciertos trabajos que requieren perfección, las maquinas las realizan con márgenes de error muy bajos.

Tabla 4: Listado de maquinaria

LISTADO DE MAQUINARIA ÁREA DE EXTRUSIÓN			
MAQUINA	OPERACIÓN	ESTADO /10	OBSERVACIONES
HORNO DE TOCHOS	Calentar tochos	9	-
PRENSA LOEWY	Extrusión por deformación plástica	8	Funciona 24 horas al día. El mantenimiento programado es de 8 horas a la semana.
MESA RUN-OUT 8ENFRIAMIENTO KAUTEC	Guiado y enfriamiento de perfiles	10	-
ESTIRADORA KAUTEC	Estirar perfiles	10	-
SIERRA KAUTEC	Cortar perfiles	10	-
BALANZA CAS CI-600	Pesar perfiles	10	-

Elaborado por: Autores

11.1.5 DURACIÓN DE JORNADA DE TRABAJO

En el área de extrusión se trabajan en 3 turnos de 8 horas de lunes a viernes. El primer turno es de 7:00 a 15:00 teniendo un receso de 10 minutos a las 10:00 y otra pausa por almuerzo a las 12:00, este de 30 minutos. En el turno de la tarde se trabaja desde las 15:00 hasta las 23:00 con un receso a las 19:00 de 30 minutos. El último turno comienza a las 23:00 y termina a las 7:00 teniendo un receso a las 03:00 de 30 minutos.

11.1.6 AMBIENTE FÍSICO

Factores físicos: temperatura 21° día 18° 15° iluminación 300 luxes vibraciones si existe ruido 85-90 Db ruido continuo. Si EPP. condiciones del piso resbaladizo por presencia de aceites. Zapatos con suela antideslizante.

Tabla 5: Ambiente físico del área de extrusión

AMBIENTE FÍSICO		
FACTORES	MEDICIONES	OBSERVACIONES
Temperatura	-Primer turno (día): 16° -Segundo turno (tarde): 19° -Tercer turno (noche): 14°	-
Iluminación	300 Luxes	-
Ruido	- Continuo - Rango: 85-90 dB	Uso de EPP por parte del personal del área: protección auditiva.
Vibraciones	Existen vibraciones por el trabajo continuo de la maquinaria.	-
Condición del suelo	Piso resbaladizo por presencia de aceites.	Uso de EPP por parte del personal del área: zapatos con suela antideslizante.

Elaborado por: Autores

11.2 ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS

11.2.1 TOMA DE TIEMPOS A TRABAJADORES

Tabla 6: Calculo de muestras “n”

x1	7	n
x2	9	
x3	8	
x4	7	
x5	8	15
Σx	39	
Σx^2	307	
$\Sigma(x)^2$	1521	

Elaborado por: Autores

El siguiente paso es el de registrar los tiempos observados en una matriz.

Tabla 7: Tiempos registrados a Operador de prensa

Operador de prensa															
Elementos	obs. 1	obs. 2	obs. 3	obs. 4	obs. 5	obs. 6	obs. 7	obs. 8	obs. 9	obs. 10	obs. 11	obs. 12	obs. 13	obs. 14	obs. 15
Reporte corrida	0,67	0,60	0,54	0,59	0,53	0,47	0,40	0,53	0,67	0,41	0,64	1,25	0,84	0,5	0,76
Reporte matrices	0,78	0,56	0,57	0,43	0,68	0,55	0,67	0,43	0,48	0,40	0,69	0,57	0,49	0,79	0,82
Operar prensa	0,37	0,38	0,27	0,34	0,45	0,33	0,48	0,35	0,32	0,42	0,52	0,30	0,46	0,35	1,03
Operar cizalla	0,25	0,37	0,38	0,35	0,29	0,33	0,42	0,84	0,23	0,38	0,31	0,23	0,25	0,28	0,34
Ingresar datos	0,70	0,56	0,62	0,66	0,73	0,78	0,67	0,53	0,97	1,05	0,59	0,55	0,74	1,56	0,87
Suma	2,77	2,47	2,38	2,37	2,68	2,46	2,64	2,68	2,67	2,66	2,75	2,90	2,78	3,48	3,82
Desv. Std.	0,23	0,11	0,15	0,14	0,18	0,19	0,13	0,19	0,30	0,29	0,15	0,40	0,24	0,52	0,26

Elaborado por: Autores

El promedio de la suma de todas las observaciones es de 2.77 minutos con una desviación estándar de 0.23 minutos.

La eficiencia del trabajador es de 85.5%.

Tabla 8: Tiempos registrados a Ayudante de prensa

Ayudante de prensa															
Elementos	obs. 1	obs. 2	obs. 3	obs. 4	obs. 5	obs. 6	obs. 7	obs. 8	obs. 9	obs. 10	obs. 11	obs. 12	obs. 13	obs. 14	obs. 15
Preparar mesa	0,63	0,40	0,20	0,20	0,20	0,25	0,27	0,23	0,20	0,24	0,31	0,25	0,32	0,3	0,29
Guiar perfiles	0,07	0,27	0,13	0,23	0,18	0,18	0,24	0,17	0,55	0,43	0,28	0,09	0,47	0,26	0,18
Revisión calidad	0,08	0,18	0,08	0,13	0,33	0,33	0,48	0,35	0,15	0,17	0,22	0,20	0,28	0,24	0,17
Extraer butts	0,27	0,17	0,58	0,43	0,50	0,47	0,16	0,48	0,22	0,36	0,19	0,62	0,28	0,33	0,34
Cambio de matrices	0,70	0,58	0,67	0,85	0,48	1,23	0,98	1,02	0,88	1,05	0,96	0,70	1,42	1,56	0,87
Suma	1,75	1,60	1,67	1,85	1,70	2,46	2,13	2,25	2,00	2,25	1,96	1,86	2,77	2,69	1,85
Desv. Std.	0,30	0,17	0,27	0,29	0,15	0,43	0,33	0,34	0,31	0,35	0,32	0,27	0,49	0,57	0,29

Elaborado por: Autores

El promedio de la suma de todas las observaciones es de 2.05 minutos con una desviación estándar de 0.33 minutos.

La eficiencia del trabajador es de 78%.

Tabla 9: Tiempos registrados a Operador de estiradora

Operador estiradora															
Elementos	obs. 1	obs. 2	obs. 3	obs. 4	obs. 5	obs. 6	obs. 7	obs. 8	obs. 9	obs. 10	obs. 11	obs. 12	obs. 13	obs. 14	obs. 15
Acomodar perfiles	0,23	0,18	0,35	0,23	0,38	0,52	0,35	1,00	0,33	0,78	0,25	0,48	0,42	0,38	0,37
Colocar en estiradora	0,13	0,13	0,23	0,13	0,20	0,08	0,13	0,15	0,10	0,08	0,12	0,07	0,13	0,13	0,12
Estirar perfiles	0,18	0,08	0,15	0,13	0,20	0,27	0,13	0,12	0,15	0,13	0,08	0,17	0,12	0,23	0,13
Colocar en rodillos	0,10	0,10	0,32	0,15	0,13	0,13	0,13	0,17	0,18	0,08	0,15	0,15	0,13	0,28	0,13
Suma	0,65	0,50	1,05	0,65	0,92	1,00	0,75	1,43	0,77	1,08	0,60	0,87	0,80	1,03	0,75
Desv. Std.	0,06	0,04	0,09	0,05	0,11	0,19	0,11	0,43	0,10	0,34	0,07	0,18	0,14	0,10	0,12

Elaborado por: Autores

El promedio de la suma de todas las observaciones es de 0.86 minutos con una desviación estándar de 0.14 minutos.

La eficiencia del trabajador es de 58.1 %

Tabla 10: Tiempos registrados a Operador de sierra

Operador de sierra															
Elementos	obs. 1	obs. 2	obs. 3	obs. 4	obs. 5	obs. 6	obs. 7	obs. 8	obs. 9	obs. 10	obs. 11	obs. 12	obs. 13	obs. 14	obs. 15
Acomodar perfiles	0,68	1,93	0,67	0,43	2,53	0,75	0,45	0,34	0,72	0,35	0,52	0,57	0,78	0,25	1,25
Longitud	0,52	0,42	0,33	0,50	0,47	0,28	0,30	0,28	0,30	0,32	0,37	0,40	0,35	0,35	0,73
Dejar chatarra	0,28	0,32	0,42	0,25	0,33	0,38	0,28	0,58	0,37	0,33	0,30	0,27	0,30	0,42	0,25
Suma	1,48	2,66	1,42	1,18	3,33	1,42	1,03	1,21	1,39	1,00	1,18	1,23	1,43	1,02	2,23
Desv. Std.	0,20	0,90	0,17	0,13	1,23	0,25	0,09	0,16	0,23	0,02	0,11	0,15	0,27	0,08	0,50

Elaborado por: Autores

El promedio de la suma de todas las observaciones es de 1.55 minutos con una desviación estándar de 0.3 minutos.

La eficiencia del trabajador es de 66 %

Tabla 11: Tiempos registrados a Ayudantes de sierra

Ayudantes de sierra															
Elementos	obs. 1	obs. 2	obs. 3	obs. 4	obs. 5	obs. 6	obs. 7	obs. 8	obs. 9	obs. 10	obs. 11	obs. 12	obs. 13	obs. 14	obs. 15
Tomar coche	0,75	0,57	0,45	0,28	0,53	0,38	0,65	0,57	0,55	0,62	0,27	1,08	1,23	0,28	0,50
Colocar soportes	0,43	0,47	0,35	0,33	0,40	0,38	0,48	0,40	0,67	0,67	0,42	0,37	0,33	1,48	1,82
Colocar en balanza	0,18	0,20	0,28	0,15	0,87	0,87	0,77	0,63	0,35	0,53	0,40	0,35	0,38	1,10	1,08
Ingresar datos	0,62	0,76	0,58	0,40	0,18	0,37	0,90	0,28	0,15	0,18	0,20	0,38	0,35	0,40	0,15
Colocar en canasta	0,25	0,53	0,42	0,65	0,17	0,33	0,63	0,38	0,43	0,38	0,47	0,38	0,27	0,58	0,63
Soplete	0,67	0,57	0,63	0,55	0,70	0,22	0,47	0,57	0,51	0,47	0,87	0,95	0,58	1,12	0,85
Dejar coche	0,82	0,75	0,77	1,08	1,00	0,32	0,85	1,35	0,85	1,03	0,55	0,62	0,18	0,23	0,75
Suma	3,72	3,84	3,48	3,45	3,85	2,87	4,75	4,19	3,51	3,88	3,17	4,13	3,33	5,20	5,78
Desv. Std.	0,25	0,19	0,17	0,31	0,32	0,21	0,17	0,35	0,22	0,26	0,22	0,31	0,35	0,49	0,53

Elaborado por: Autores

El promedio de la suma de todas las observaciones es de 3.94 minutos con una desviación estándar de 0.29 minutos.

La eficiencia del trabajador es de 80.4 %

11.2.2 CALCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR

Tabla 12: Cálculo de tiempo estándar para cada operador

Departamento:	Extrusión										Estudio N°:	1									
Operación:											Hoja N°:	1									
Estudio de métodos N°:											Comienzo:	Operador de prensa									
Herramientas y calibradores:	Cronómetro, matriz de tiempos observados										Término:	Ayudantes de sierra									
Método utilizado:	Observaciones directas										Observado por:	Autores									
Producto/Pieza:																					
TODOS LOS TIEMPOS SON MEDIDOS EN MINUTOS																					
Puestos de trabajo	Obs 1	Obs 2	Obs 3	Obs 4	Obs 5	Obs 6	Obs 7	Obs 8	Obs 9	Obs 10	Obs 11	Obs 12	Obs 13	Obs 14	Obs 15	Suma	PROM	Tn	Supl.	T. Std.	
Operador prensa	To	2,77	2,47	2,38	2,37	2,68	2,46	2,64	2,68	2,67	2,66	2,75	2,9	2,78	3,48	3,82	41,513	2,77	2,63	13%	2,97
Ayudante prensa	To	1,75	1,6	1,67	1,85	1,7	2,46	2,13	2,25	2	2,25	1,96	1,86	2,77	2,69	1,85	30,79	2,05	1,95	14%	2,22
Operador estiradora	To	0,65	0,5	1,05	0,65	0,92	1	0,75	1,43	0,77	1,08	0,6	0,87	0,8	1,03	0,75	12,85	0,86	0,81	15%	0,94
Operador sierra	To	1,48	2,66	1,42	1,18	3,33	1,42	1,03	1,21	1,39	1	1,18	1,23	1,43	1,02	2,23	23,217	1,55	1,47	18%	1,74
Ayudantes sierra	To	3,72	3,84	3,48	3,45	3,85	2,87	4,75	4,19	3,51	3,88	3,17	4,13	3,33	5,2	5,78	59,15	3,94	3,75	20%	4,50
PROM=promedio; Tn=tiempo normal; Supl.=suplementos; T. Std.=tiempo estándar																					

Elaborado por: Autores

La producción diaria de los trabajadores con un tiempo actual de 11.17 minutos es de 21 toneladas, con la propuesta de mejora la producción diaria será de 22 toneladas con un tiempo estándar de 12.37 minutos.

11.2.3 TIEMPOS ACTUALES DEL PROCESO

El proceso de extrusión se determina como un proceso secuencial por medio del que se transforma los tochos o lingotes de aluminio en perfiles con el diseño según el uso que vaya a darse.

El proceso comienza con la recepción de la materia prima partiendo desde la bodega de almacenaje con un tiempo de operación/transporte de 1.95 minutos hacia el horno de tochos, lugar en el cual el tocho tiene que alcanzar la temperatura adecuada para realizar la extrusión en la prensa. Esta temperatura tiene un rango entre los 460° y 480° y el tiempo de operación para el calentamiento es de 16,15 minutos, para después el tocho caliente ser transportado por medio de rodillos, con un tiempo de 0.21 minutos a la posición de la prensa.

Una vez en la prensa, el tocho sufre la deformación plástica por presión y temperatura con un tiempo de operación promedio de 2.81 minutos. El tiempo se lo ha promediado debido a que se manejan un número considerable de matrices motivo por el cual no siempre se va a tener un mismo valor.

Al salir los perfiles son guiados mediante un brazo robótico llamado “puller” hacia la mesa de enfriamiento, locación en la cual a los perfiles se le realizan controles de dimensiones, superficie y ángulos. Aquí permanecen almacenados temporalmente por un tiempo de 17.17 minutos. Mientras se van enfriando gracias a ventiladores colocados en la parte inferior de los rodillos de la mesa de enfriamiento, poco a poco se van desplazando durante el mismo tiempo hacia la estiradora.

Conforme van llegando los perfiles a la estiradora, el operador va a tomar una cantidad que vaya acorde a la capacidad de agarre de la estiradora teniendo un tiempo de operación de 0.5 minutos. Después de estirar los perfiles, los coloca en los rodillos, mismos que con un tiempo de almacenaje temporal, serán movidos hacia la sierra presentando un tiempo de espera de 11.67 minutos.

Los perfiles se agrupan de manera que una cierta cantidad, dependiendo de la referencia, sea idónea para la siguiente operación que viene a ser el de cortar los perfiles en una sierra. El tiempo de corte, sin contar los despuntes iniciales, finales y empates, es de 1.29 minutos. El despunte tiene un tiempo de 0.60 minutos, el de cortar la chatarra se ha medido en un tiempo de 0.63 minutos y el de colocar la chatarra en su contenedor es de 0.34 minutos. Al instante que

se realiza el corte de los perfiles estos son enviados a los ayudantes presentando un tiempo de 0.28 minutos.

Los ayudantes de sierra reciben los perfiles y los colocan prontamente en una balanza, se toma el peso y ese mismo momento se ingresa el dato al sistema. El siguiente paso es el de colocar los perfiles en buen estado en canastas, los mismos que separan los perfiles por pisos por medio de separadores. Esta operación se la toma de manera continua porque los operadores realizan el trabajo ininterrumpidamente presentando un tiempo de operación de 3.20 minutos.

Al tener las canastas cargadas de perfiles y haber soplado con aire a presión para liberarlo de pequeñas partículas, las mismas vienen colocadas en una bodega temporal de producto en proceso con un tiempo de 0.63 minutos.

Tabla 13: Tiempos obtenidos dando seguimiento a 5 tochos extruidos.

Tocho	T1 entra a horno - sale horno	T. mov	T2 sale horno - sale boca de matriz	T3 sale boca de matriz - mesa de enf.	locación prensa (T2+T3)	T4 mesa de enf. - estiradora	T5 estiradora - rodillos de sierra	T6 rodillos de sierra - final corte	T. mov.	T7 final corte - pesar colocar	T8 pesar colocar - bodega de PP
1	16,38	0,25	1,62	1,67	3,29	9,23	16,03	0,98	0,28	2,82	0,22
2	15,92	0,18	1,58	1,77	3,35	18,8	15,53	0,98	0,27	3,87	1,13
3	16,25	0,17	1,6	1,67	3,27	17,25	3,78	0,98	0,28	3,87	1,13
4	16,1	0,23	1,1	1,07	2,17	21,13	11,5	1,75	0,28	2,72	0,33
5	16,1	0,2	1	0,95	1,95	19,43	11,5	1,75	0,28	2,72	0,33
PROM.	16,15	0,21	1,38	1,43	2,81	17,17	11,67	1,29	0,28	3,20	0,63
DESV. STD.	0,17	0,03	0,30	0,38	0,69	4,65	4,90	0,42	0,01	0,61	0,46

Elaborado por: Autores

Tabla 14: Tiempos promedio por operación y locación

PROCEDIMIENTO	TIEMPO (MIN)			LOCACIÓN	ENTRADA	SALIDA
	OPERACIÓN	TRANSPORTE	ESPERA			
Recepción de M.P.	-	1.95	-	Bodega de M.P.	Tochos de M.P.	Tochos de M.P.
Calentar tochos	16.15	0.21	-	Horno de tochos	Tochos de M.P.	Tochos en caliente
Extrusión	2.81	-	-	Prensa	Tochos en caliente	Perfiles sin estirar
Enfriamiento	-	-	17.17	Mesa de run-out	Perfiles sin estirar	Perfiles sin estirar
Estirado	0.5	-	-	Estiradora	Perfiles sin estirar	Perfiles estirados
Rodillos sierra	-	-	11.67	Rodillos de sierra	Perfiles estirados	Perfiles estirados 2
Cortado	1.29	0.28	-	Sierra	Perfiles estirados 2	Perfiles cortados
Pesar y colocar	3.20	0.63	-	Pesar y colocar	Perfiles cortados	Canastas de almacenaje
Almacenaje temporal	-	-	-	Bodega temporal de P.P.	Canastas de almacenaje	Canastas de almacenaje

Elaborado por: Autores

11.3 SIMULACIÓN DEL PROCESO ACTUAL EN SOFTWARE DE SIMULACIÓN “PROMODEL”.

Promodel es un software en el cual es posible desarrollar modelos de procesos productivos para su posterior análisis, hecho que, a partir de los resultados ayudarán en la toma de decisiones apropiadas para la mejora de los procesos.

La programación del software sigue pasos secuenciales lógicos que deben ser adecuadamente detallados de acuerdo a las operaciones y el estudio de los tiempos de los mismos.

11.3.1 DEFINIR LOCACIONES

Una locación se define como el lugar en el cual la materia prima o el producto sufre una transformación o en donde se lo puede almacenar. Por lo tanto, se tienen locaciones de operación y de almacenaje. Con base a la secuencia de operaciones o actividades que se han definido anteriormente, se identifican las locaciones que van acorde al proceso productivo y el tipo al que pertenece.

Tabla 15: Tipos de locación a utilizar y cantidad.

LOCACIÓN	TIPO	PROCEDIMIENTO	CANTIDAD
Bodega de Materia Prima	Almacenaje	Recepción de Materia Prima	1
Horno de tochos	Operación	Calentamiento de tochos	1
Mesa de enfriamiento	Almacenaje temporal	Guiado de perfiles, control de calidad, enfriamiento de perfiles	1
Estiradora	Operación	Estirado de perfiles	1
Rodillos de sierra	Almacenaje temporal	Guiado de perfiles a la operación sucesiva	1
Sierra	Operación	Cortado de perfiles	1
Balanza y canastas	Operación	Pesado, etiquetado y colocación de perfiles	1
Bodega temporal de Producto en Proceso	Almacenaje	Almacenaje y clasificación según acabado.	1
TOTAL LOCACIONES			8

Elaborado por: Autores

11.3.2 DEFINIR ENTIDADES

Una entidad se define como la variable o el producto al que se le realiza una transformación o un cambio durante el proceso y estas van desde la materia prima hasta obtener un producto terminado, en este caso el producto aún tiene que seguir otros procesos.

Estas entidades son definidas como unidades de producción o lo que viene a ser las entradas y salidas de una locación tomando en cuenta si sufre una transformación o si es solo de almacenaje.

Tabla 16: Entidades definidas por simulación

NOMBRE	TIPO	CANTIDAD
Tochos de Materia Prima	Unidades	1
Tochos en caliente	Unidades	1
Perfiles sin estirar	Unidades	1
Perfiles estirados	Unidades	1
Perfiles estirados 2	Unidades	1
Perfiles cortados	Unidades	1
Canastas de Producto en proceso	Unidades	1
Canastas de almacenaje	Unidades	1

Elaborado por: Autores

11.3.3 DESARROLLO DE SIMULACIÓN EN SOFTWARE “PROMODEL”

Para el desarrollo de la simulación, el modelo dentro del software seguirá una secuencia de pasos de acuerdo a las operaciones detalladas anteriormente.

11.3.4 LOCACIONES

Las locaciones son elegidas partiendo del valor ingresado al inicio del modelo según cuantos puestos de trabajo se haya identificado en el proceso, así como por su naturaleza se ingresa un ícono que vaya acorde a la actividad a realizar.

Ilustración 11: Listado de locaciones en modelo de producción

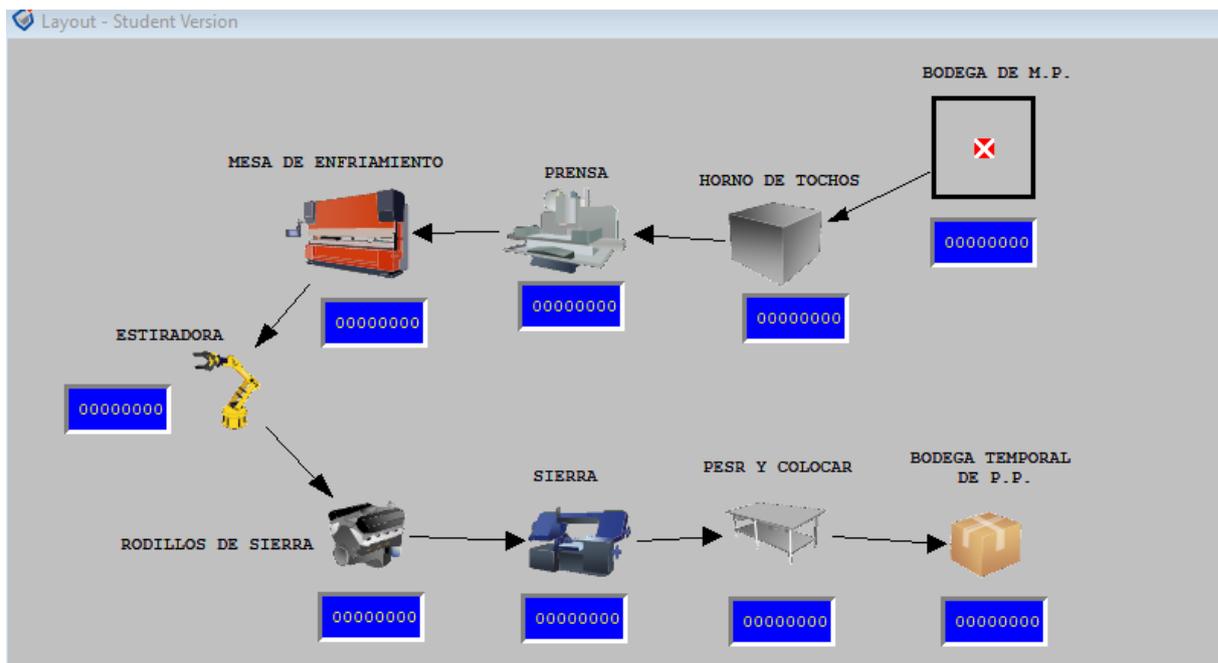
ProModel - prueba 1 v2.mod (simuprueb1)

Archivo Editar Ver Construir Simulación Output Herramientas Ventana Ayuda

Icono	Nombre	Cap.	Unidades	TMs...	Estadist	Reglas...
	Bodega_de_MP	100000	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo, FIFO
	Horno_de_tochos	10	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo, FIFO
	Prensa	2	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo, FIFO
	Mesa_de_enfriamiento	20	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo, FIFO
	Estiradora	3	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo, FIFO
	Rodillos_de_sierra	10	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo, FIFO
	Sierra	10	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo, FIFO
	Pesar_colocar_separar	3	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo, FIFO
	Bodega_temporal_de_PP	20	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo, FIFO

Fuente: Autores

Ilustración 12: Layout de locaciones en ventana de simulación

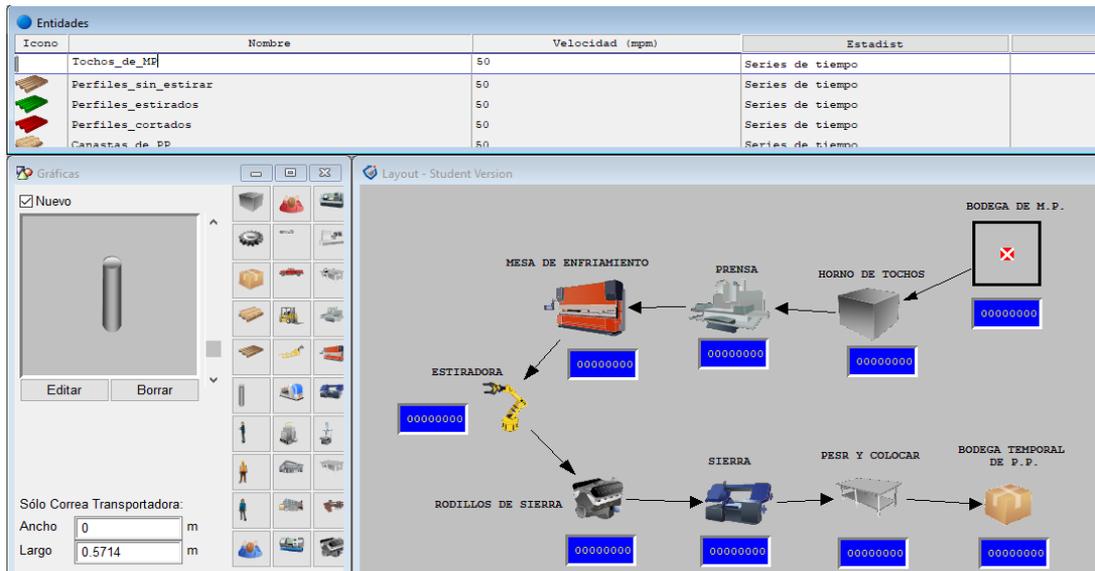


Fuente: Autores

11.3.5 ENTIDADES

Las entidades se definen dependiendo de un número definido, su naturaleza de cada uno, un ícono que nos ayude a diferenciar la transformación de la materia prima y en cual locación ingresa y por cual sale.

Ilustración 13: Entidades definidas en modelo de producción



Elaborado por: Autores

11.3.6 ARRIBOS

Los arribos son definidos como la materia prima que salen de una locación y llegan una sola vez a la primera entidad que a su vez es especificada con su frecuencia de arribo y el tiempo de espera.

Ilustración 14: Arribos determinados en el modelo de producción

Entidad...	Locación...	Cant. por Arribo...	Primera Vez...	Ocurrencias	Frecuencia
Tochos_de_MP	Bodega_de_MP	10000	0	inf	480 min

Elaborado por: Autores

11.3.7 PROCESO PRODUCTIVO

Habiendo establecido la secuencia de operaciones, entradas y salidas en cada locación, las entidades que van a ser transformadas desde materia prima hasta obtener un producto en proceso de acuerdo a tiempos de operación, transporte y espera, los datos son ingresados a cada locación con su respectiva variable, según lo establecido en el modelo de simulación del software.

Ilustración 15: Proceso productivo en base al modelo de producción

Entidad...	Locación...	Operación...
Tochos_de_MP	Bodega_de_MP	Wait 1.95 minVar1=Entries(Bodega_de_MP)
Tochos_de_MP	Horno_de_tochos	Wait 16.15 minVar2=Entries(Horno_de_tochos)
Tochos_en_caliente	Prensa	Wait 2.81 minVar3=Entries(Prensa)
Perfiles_sin_estirar	Mesa_de_enfriamiento	Wait 17.17 minVar4=Entries(Mesa_de_enfriamiento)
Perfiles_sin_estirar	Estiradora	Wait 0.5 minVar5=Entries(Estiradora)
Perfiles_estirados	Rodillos_de_sierra	Wait 11.67 minVar6=Entries(Rodillos_de_sierra)
Perfiles_estirados_2	Sierra	Wait 1.29 minVar7=Entries(Sierra)
Perfiles_cortados	Pesar_colocar_separar	Wait 3.20 minVar8=Entries(Pesar_colocar_separar)
Canastas_de_almacenaje	Bodega_temporal_de_PP	Wait 0.1 minVar9=Entries(Bodega_temporal_de_PP)

Salida...	Destino...	Regla...	Regla de Movimiento
1	Perfiles_estirados	Rodillos_de_sierra	FIRST 1

Fuente: Autores

11.3.8 ESTABLECER CONDICIONES DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

Las condiciones del proceso de producción son determinadas por la naturaleza del proceso no tomando en cuenta algunas condiciones que puedan afectar de forma indirecta el trabajo, de forma normal y estable.

Tabla 17: Condiciones de trabajo

VARIABLE	CODICIÓN
Ritmo de trabajo	Normal
Horas de trabajo	8 horas/turno
Variación de unidades	1 unidad
Precisión de reloj	Minutos
Número de réplicas	1

Elaborado por: Autores

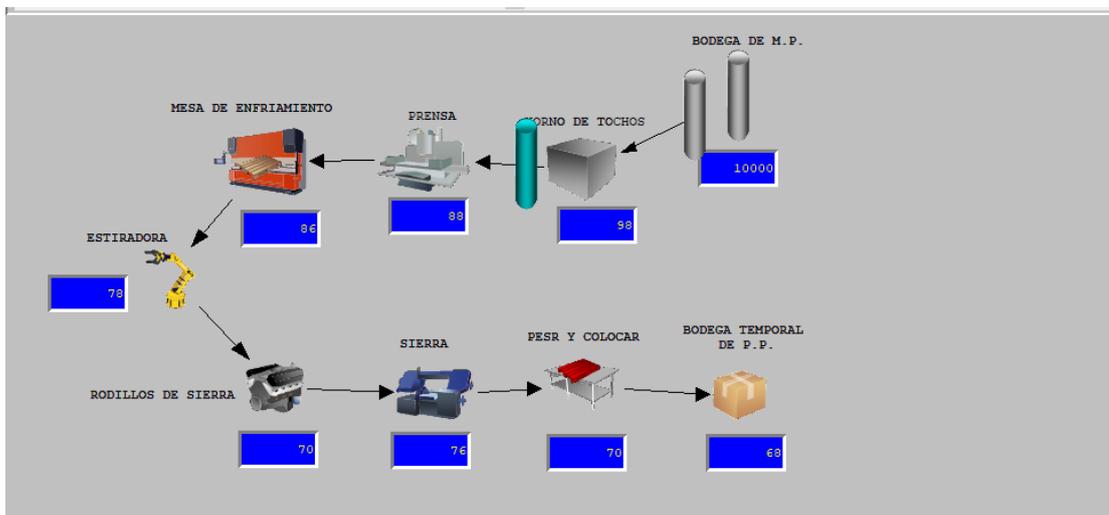
Ilustración 16: Determinación de condiciones de trabajo en modelo de producción

Elaborado por: Autores

11.4 SIMULACIÓN

La simulación tiene comienzo cuando se aprieta el botón de “PLAY” ubicado en la barra de acciones en la parte superior.

Ilustración 17: Ejecución de la simulación del modelo de producción



Elaborado por: Autores

11.4.1 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

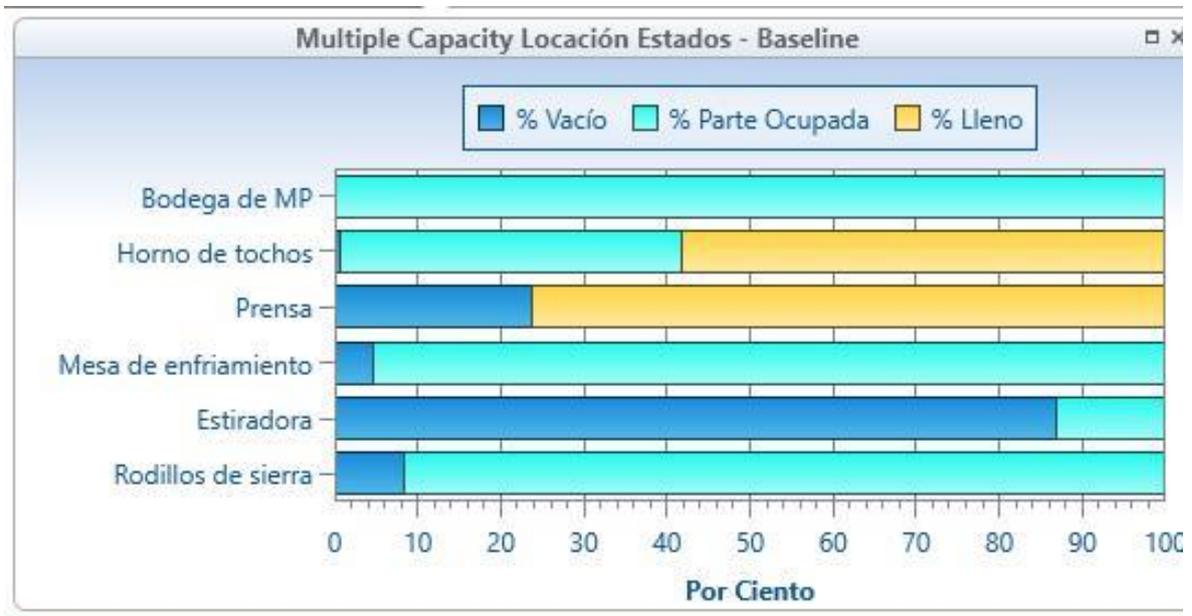
El software nos ofrece una interfaz que es muy interactiva con el usuario, pudiendo reflejar el número de unidades producidas, el rendimiento del proceso y la utilización de las locaciones ingresadas.

Ilustración 18: Unidades establecidas a la salida del proceso

Cuadro de indicadores				
Nombre	Total Salidas	Tiempo En Sistema Promedio (Min)	Tiempo En Operación Promedio (Min)	Costo Promedio
Tochos de MP	0,00	0,00	0,00	0,00
Perfiles sin estirar	0,00	0,00	0,00	0,00
Perfiles estirados	0,00	0,00	0,00	0,00
Perfiles cortados	0,00	0,00	0,00	0,00
Canastas de PP	0,00	0,00	0,00	0,00
Canastas de almacenaje	240,00	266,66	54,84	0,00
Perfiles estirados 2	0,00	0,00	0,00	0,00
Tochos en caliente	0,00	0,00	0,00	0,00

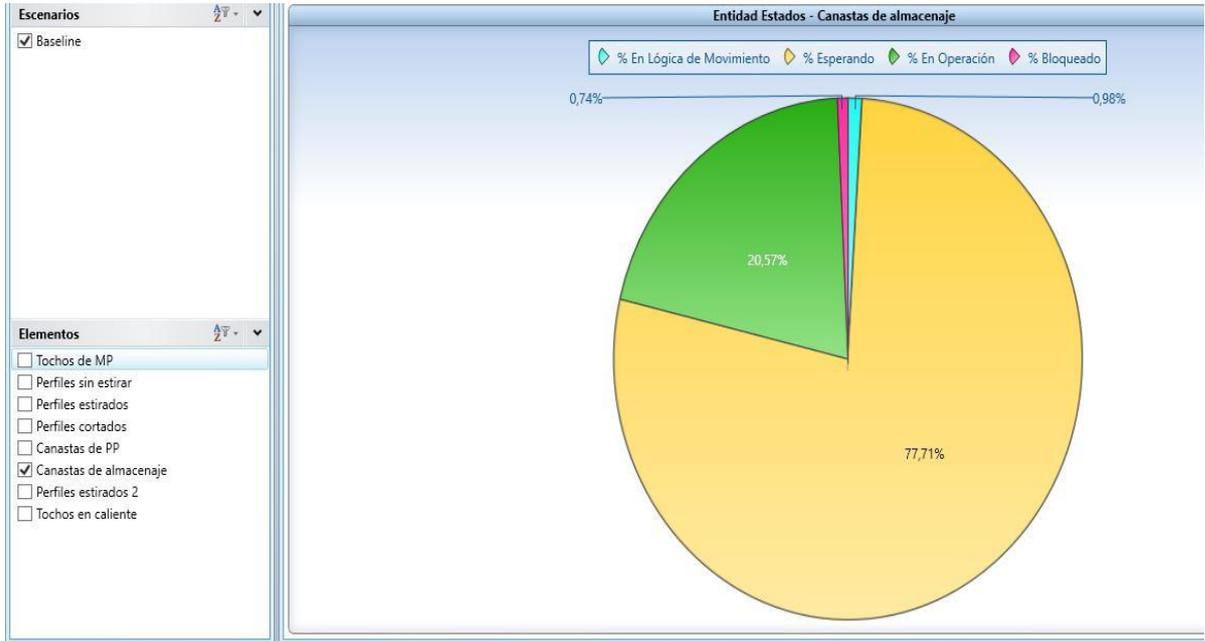
Elaborado por: Autores

Ilustración 19: Estado de capacidades en locaciones



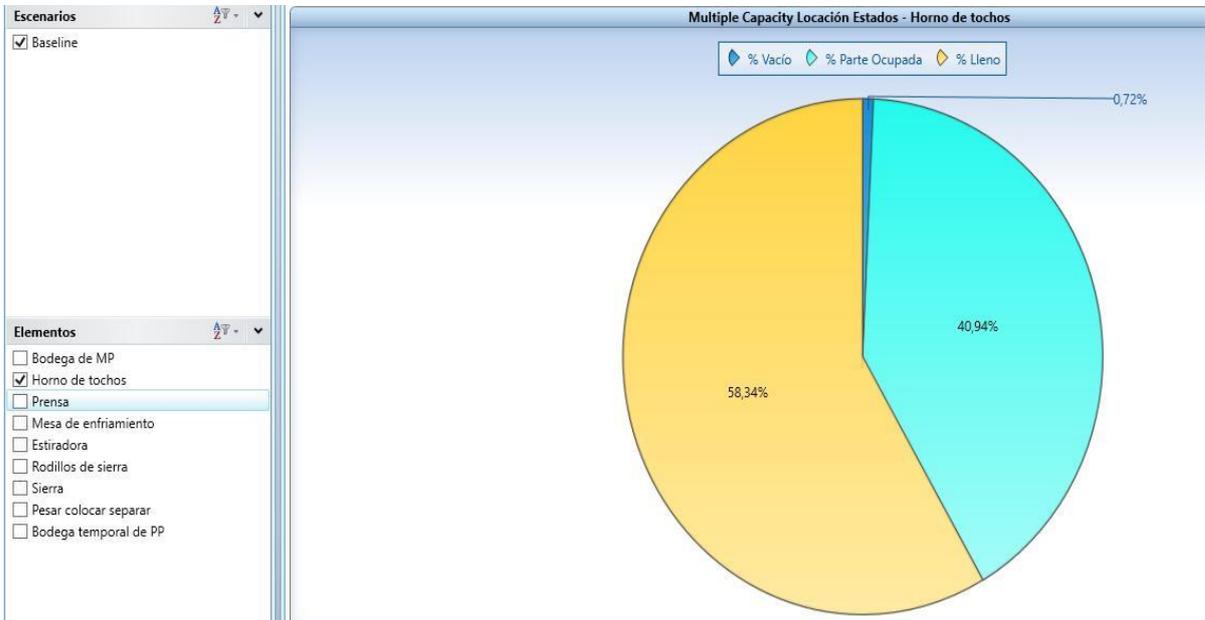
Elaborado por: Autores

Ilustración 20: Estado de la entidad final “Canastas de almacenaje”.



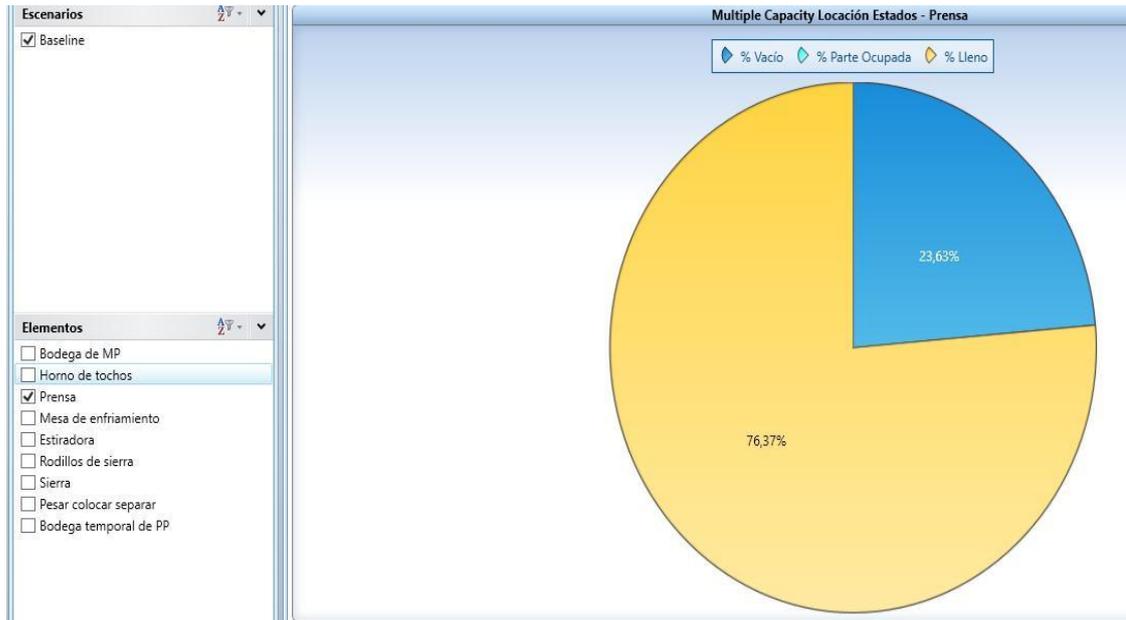
Elaborado por: Autores

Ilustración 21: Estado de la locación “Horno de tochos”.



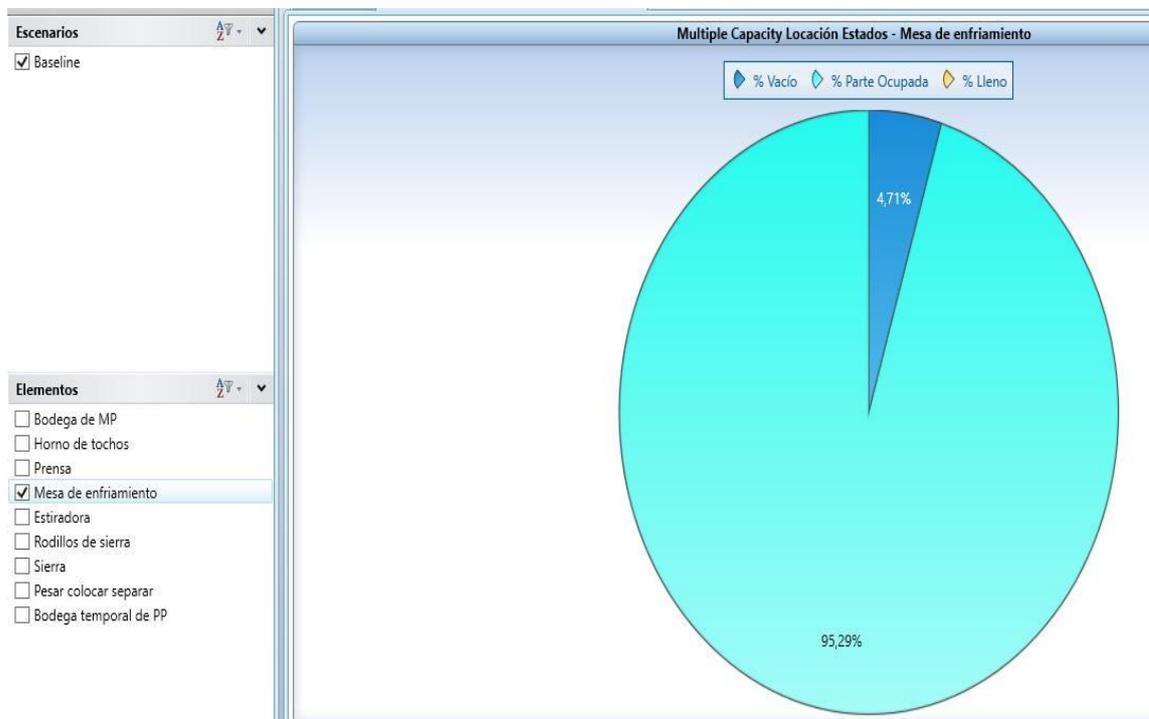
Elaborado por: Autores

Ilustración 22: Estado de la locación “Prensa”.



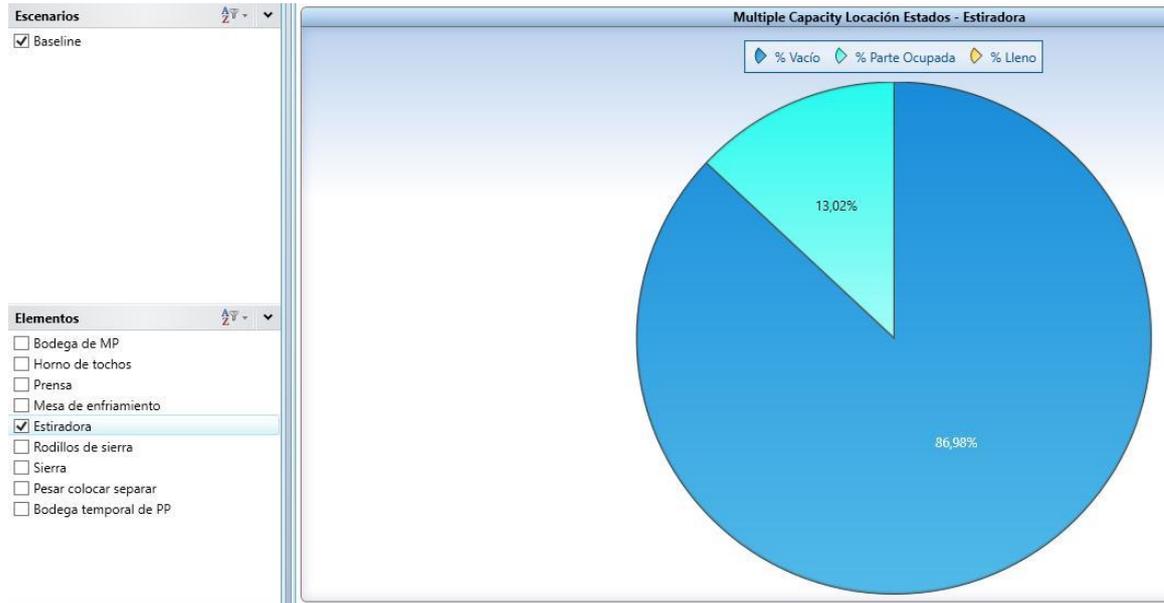
Elaborado por: Autores

Ilustración 23: Estado de la locación “Mesa de enfriamiento”.



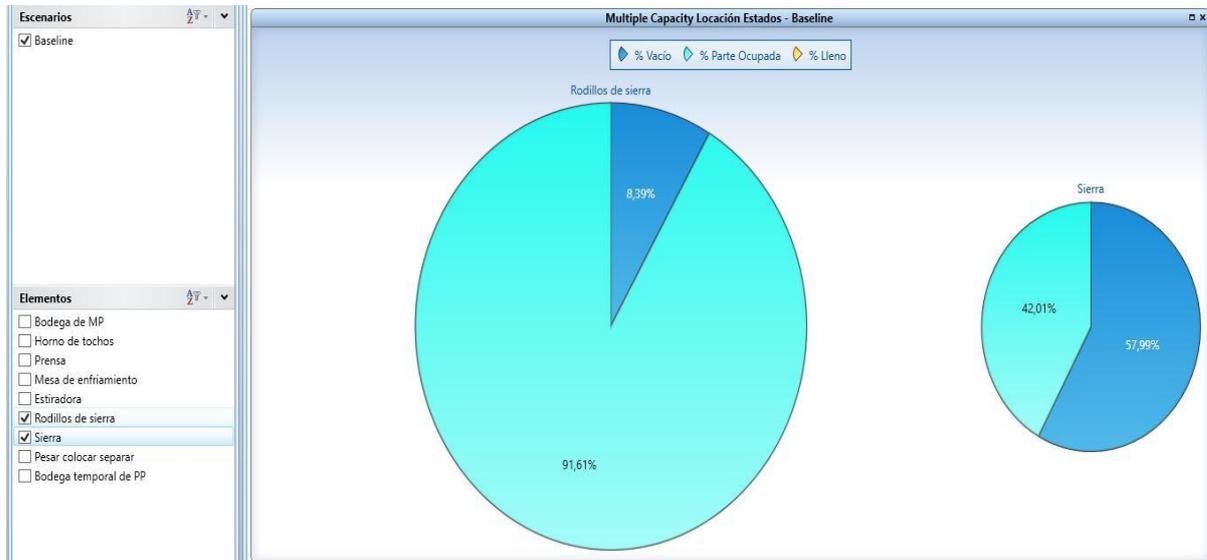
Elaborado por: Autores

Ilustración 24: Estado de la locación “Estiradora”.



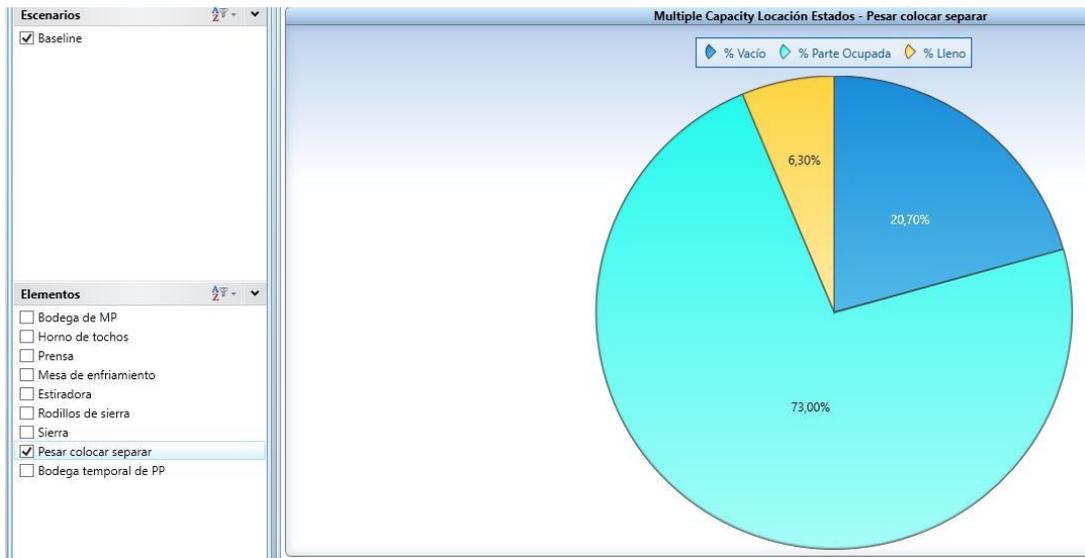
Elaborado por: Autores

Ilustración 25: Estado de la locación “Rodillos de sierra” y “Sierra”.



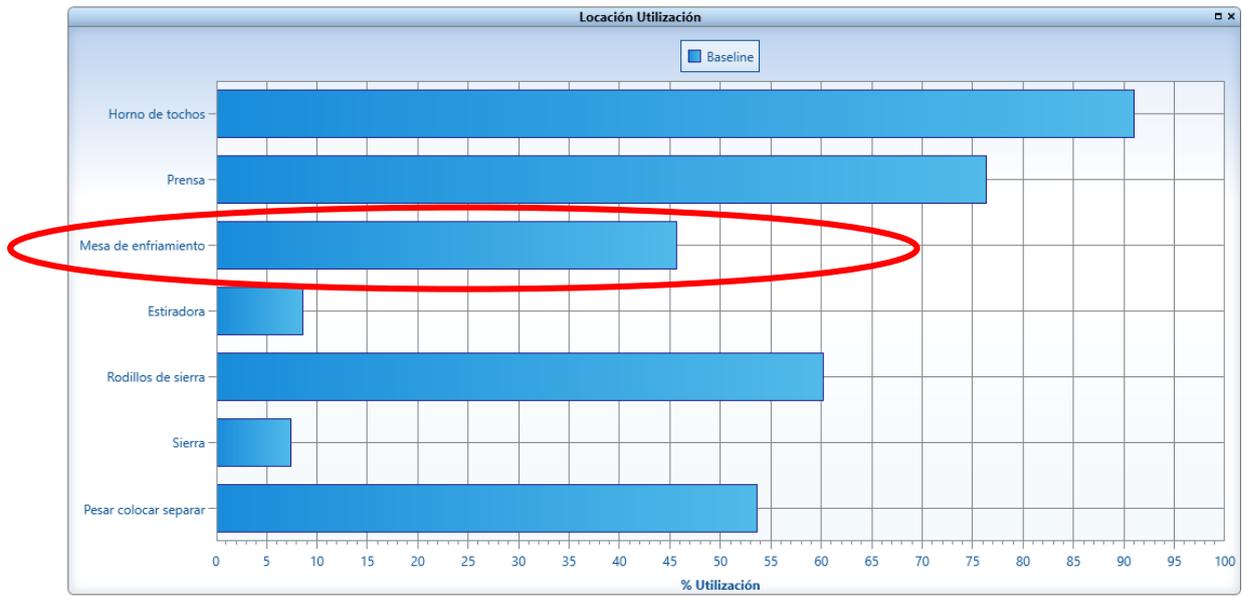
Elaborado por: Autores

Ilustración 26: Estado de la locación “Pesar y colocar”.



Elaborado por: Autores

Ilustración 27: Utilización de las locaciones



Elaborado por: Autores

11.4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

De acuerdo a los resultados anteriores, se puede concluir que existe un grado de coincidencia del 97% con el proceso real en base que en cada turno la extrusión de tochos varía entre los 230 y 250 unidades, por lo tanto, se puede concluir que la simulación es confiable y ha resultado ser exitosa. A partir de este momento, se puede formular diferentes mejoras para aumentar la productividad aprovechando de manera más efectiva los recursos que se poseen.

12 PROPUESTA DE MEJORA

La propuesta de mejora en el presente trabajo investigativo se centra en base a la **Figura 18** en donde se tiene una utilización baja. De acuerdo a los datos obtenidos generosamente por parte del jefe de área, se sabe que la mesa de enfriamiento tiene un largo de 48 metros, longitud la cual no es aprovechada en su totalidad. Por lo tanto, la propuesta de mejora está enfocada en la optimización al usar la mesa de enfriamiento.

La utilización actual del total de largo de la mesa de enfriamiento es realizada mediante un cálculo para obtener el largo del tocho que se va a extruir, siendo estos de 20, 22, 24 o 26 pulgadas y el operador de prensa aplica la siguiente fórmula:

Ecuación 10

$$\text{Largo de tocho} = \frac{\text{peso teórico} \times \text{número de bocas} \times \text{largo de mesa}}{1.71}$$

En donde:

- Peso teórico= peso de perfiles, su unidad es (kg/m)
- Número de bocas= bocas de los soportes, adimensional.
- Largo de mesa= longitud máxima de la mesa de enfriamiento, 48 metros.
- 1.71= alícuota de materia prima, es constante.

El valor del largo de mesa con los cuales trabajan más frecuentemente son los siguientes: 14, 21, 28, 34 y 41 metros. Gracias a los datos obtenidos en la hoja de corrida por parte del operador de prensa y el resultado de la simulación realizada, se resalta que la mesa de enfriamiento no es aprovechada al máximo de su longitud. Se procede a realizar cálculos para determinar con qué longitud de tochos se debería trabajar de acuerdo a un ABC (100 referencias de alta rotación) de las referencias existentes en la empresa para así aprovechar la máxima longitud de la mesa de enfriamiento y del lingote a través del proceso de extruido.

Con esto se espera producir más kg/m. reduciendo los despuntes ya sea iniciales, finales y por empates producidos, por uso de tochos de menor longitud, aumentando el % de chatarra por las causas ya mencionadas anteriormente.

12.1 PRODUCTIVIDAD ACTUAL SEGÚN REFERENCIAS

Los datos que se presentan a continuación han sido solicitados al jefe del área de extrusión para realizar comparaciones entre la situación actual y la propuesta de mejora.

El porcentaje propuesto por la empresa con el método que se trabaja actualmente es del límite superior, detallado en la siguiente figura:

Ilustración 28: Productividad del ABC actual

ANALISIS ABC 2018	Lím. Superior	800
	Lím. Medio	700
	Lím. Inferior	600

Elaborado por: Autores

Ilustración 29: ABC y productividad de las referencias utilizadas en octubre 2018. De la 1 a 46.

REFER.	RANKING 2018	PRODUCCION	PDTVD.
1583	1	85,189	910.0
3775	2	84,046	990.0
3791	3	81,946	998.0
1523	4	78,644	989.0
1762	5	70,522	812.0
1283	6	67,004	930.0
3773	7	60,498	929.3
3774	8	60,144	889.0
2837	9	58,484	915.0
3784	10	50,396	884.7
3893	11	50,170	910.0
2648	12	49,433	990.5
1823	13	45,210	965.0
3876	14	44,030	818.9
2836	15	42,361	958.0
1671	16	42,295	858.0
2233	17	40,496	925.0
3788	18	35,566	827.4
3789	19	33,235	931.9

3789	19	33,235	931.9
2833	20	33,037	985.0
3785	21	32,593	999.8
3883	22	31,711	940.0
3896	23	30,484	850.0
3881	24	28,519	967.9
3902	25	27,522	968.7
3875	26	27,324	845.0
3666	27	27,177	850.0
3867	28	26,587	900.0
3895	29	26,245	987.0
3013	30	26,190	930.0
3216	31	24,899	874.1
2783	32	24,480	950.0
2647	33	24,324	830.3
2234	34	23,786	950.0
3866	35	23,624	920.0
3772	36	22,717	863.9
3885	37	22,154	850.0
3900	38	21,549	910.0
1385	39	21,383	964.6
3780	40	21,270	818.9
3859	41	21,094	920.7
3882	42	20,752	988.0
2831	43	20,466	940.6
1765	44	20,132	972.6
2810	45	19,703	850.0
3879	46	19,549	955.0

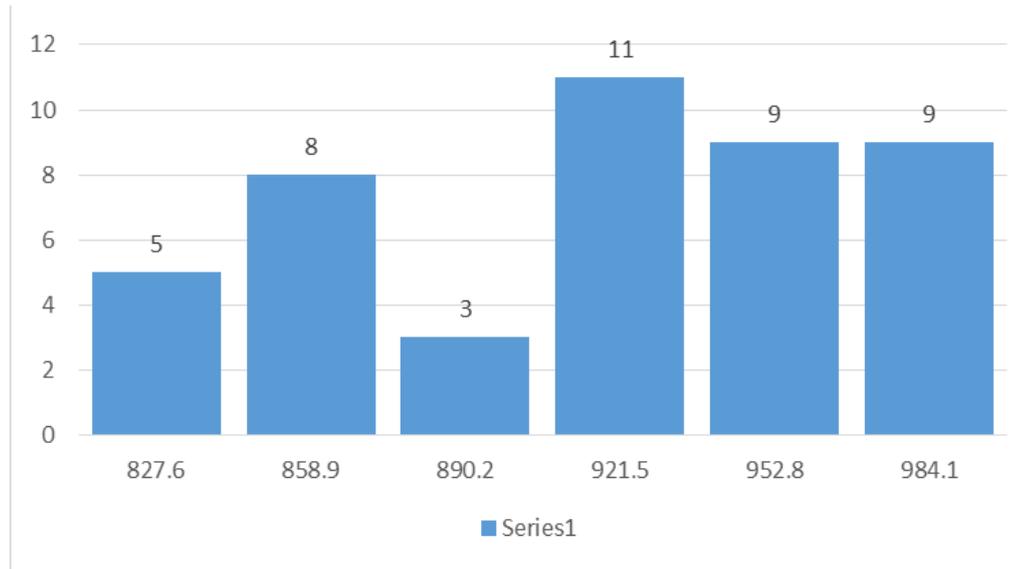
Fuente: Cedral S.A.

Ilustración 30: Datos estadísticos según ABC actual.

Nº Datos	46
Nº Clases	6
Mínimo	811.96
Máximo	999.77
Rango	187.8
Inter Clase	31.30
Promedio	917.69 K/h

Elaborado por: Autores

Ilustración 31: Dispersión de datos según ABC actual.



Elaborado por: Autores

Ilustración 32: Resultados estadísticos del ABC actual

Clase	Min	Max	>	<	Punto medio	Nº Datos
1	811.95	843.25	>811.95	<843.25	827.6	5
2	843.25	874.56	>843.25	<874.56	858.9	8
3	874.56	905.86	>874.56	<905.86	890.2	3
4	905.86	937.16	>905.86	<937.16	921.5	11
5	937.16	968.46	>937.16	<968.46	952.8	9
6	968.46	999.76	>968.46	<999.76	984.1	9

Elaborado por: Autores

12.2 PRODUCTIVIDAD PROPUESTA

Ilustración 33: Resultados del área de extrusión de productividad con propuesta de mejora.

refere.	peso (kg)	n	ABC kilos pedido	N	L calculada	L real	pieza por tocho	kilos netos por tocho	tochos neces.	kilos brutos	kilos netos	METODO PROPUESTO LARGO TOCHO A USAR			HORAS	POTVD.
												22"	24"	26"		
1583	0.480	4	85,189.4	5	54.80	55.5	22	61.22	1,392	96,973.7	94,093.8			26	97.31	966.98
3775	0.164	6	84,046.0	6	33.71	34.5	34	37.79	2,225	96,347.8	79,411.2			26	77.99	1,018.17
3791	0.218	4	81,945.6	6	30.02	31.5	24	33.48	2,448	96,785.4	81,979.2			26	81.71	1,003.30
1523	0.348	4	78,644.2	7	54.27	55.5	25	57.00	1,380	96,137.9	76,852.3			26	71.63	1,072.97
1762	0.787	2	70,521.9	6	53.17	54.5	13	50.00	1,411	96,526.0	92,406.4			26	86.85	1,063.93
1283	0.349	6	67,003.8	5	59.65	60.5	28	58.00	1,156	87,791.2	72,312.8			26	66.55	1,086.52
3773	0.268	6	60,498.1	9	80.82	81.5	58	92.62	654	66,918.3	65,085.8			26	65.10	993.76
3774	0.164	8	60,143.9	8	57.91	58.5	60	67.17	896	65,800.4	56,442.2			26	56.56	997.91
2837	0.677	2	58,483.9	12	88.96	89.5	25	103.99	563	63,265.6	61,011.2			26	66.58	916.30
3784	0.350	2	50,396.4	4	16.37	17.5	9	21.67	2,326	51,090.3	46,897.2	22			56.96	823.31
3893	0.417	2	50,130.2	4	19.26	20.5	9	27.61	1,816	46,727.6	43,624.9	22			58.44	746.45
2648	0.124	10	49,432.6	9	62.61	63.5	76	61.24	808	64,411.5	48,748.5			26	49.91	976.76
1823	0.426	4	45,209.8	12	111.64	112.5	44	130.87	346	48,886.2	41,536.7			26	42.26	982.99
3876	0.305	2	44,029.7	6	21.37	22.5	14	27.61	1,595	45,045.9	43,595.0	22			53.76	810.86
2836	0.421	4	42,361.3	4	37.61	38.5	17	61.22	632	33,447.8	31,708.4			26	40.71	778.96
1671	0.382	4	42,294.6	8	67.24	68.5	28	78.23	541	46,529.9	37,050.9			26	32.96	1,124.26
2233	0.388	6	40,496.3	5	66.17	67.5	30	74.50	544	46,104.8	40,544.4			26	38.93	1,041.34
3788	0.563	4	35,566.3	7	87.02	88.5	30	100.89	353	39,234.6	38,184.9			26	42.99	888.28
3789	0.288	4	33,234.6	5	33.38	34.5	22	36.86	902	39,065.2	36,586.6			26	35.66	1,025.89
2833	0.311	6	33,036.8	7	72.32	73.5	44	83.60	396	36,551.1	34,702.6			26	32.86	1,056.02
3785	0.171	8	32,593.0	5	39.40	40.5	39	43.78	745	37,879.2	31,808.5			26	32.60	975.71
3883	0.313	4	31,711.4	9	63.20	64.5	39	72.12	440	35,637.1	34,394.4			26	40.27	854.15
3896	0.511	2	30,484.3	6	34.96	35.5	13	39.24	777	34,628.4	33,044.9			26	44.05	750.15
3881	0.174	6	28,519.1	5	30.37	31.5	29	33.41	854	33,770.6	27,587.5			26	29.47	936.27
3902	0.393	4	27,522.0	5	45.09	46.5	22	50.30	548	31,994.5	30,337.1			26	28.41	1,067.79
3875	0.122	6	27,324.4	5	21.66	22.5	35	30.12	908	25,646.7	24,820.7		24		36.45	680.93
3866	0.524	4	27,177.2	5	59.70	60.5	22	67.07	406	30,845.5	29,972.8			26	42.63	703.06
3867	0.505	4	26,586.7	7	78.19	79.5	29	90.50	294	29,358.1	27,579.5			26	33.34	827.15
3895	0.566	2	26,244.8	5	32.82	33.5	11	32.10	818	34,401.3	32,604.3			26	36.32	897.57
3013	0.423	4	26,190.3	6	57.07	58.5	24	64.97	404	29,679.0	26,265.3			26	25.92	1,013.15
3216	0.684	2	24,899.2	8	60.33	61.5	17	70.04	356	27,496.3	26,511.8			26	28.49	930.70
2783	0.198	8	24,480.2	4	35.45	36.5	32	40.55	604	27,679.2	24,502.6			26	24.22	1,011.60
2647	0.194	8	24,324.4	7	60.36	61.5	59	61.22	398	30,737.9	29,173.6			26	29.30	995.81
2234	0.393	4	23,786.1	5	45.09	46.5	21	50.30	473	27,617.7	24,996.7			26	22.66	1,103.09
3866	0.499	4	23,624.2	11	120.37	121.5	45	140.52	169	25,807.7	24,323.3			26	24.17	1,006.49
3772	0.076	10	22,716.7	10	42.73	43.5	89	30.12	755	41,231.0	32,694.5				26.30	1,243.28
3885	0.060	10	22,154.2	9	30.94	31.5	90	34.56	642	25,389.7	22,196.2			26	21.41	1,036.92
3900	0.415	2	21,549.3	5	24.40	25.5	11	30.12	716	22,921.8	20,926.0		24		21.16	988.77
1385	0.368	4	21,382.9	10	81.59	82.5	40	94.21	227	23,528.9	21,408.8			26	22.17	965.73
3780	0.346	4	21,270.1	7	53.96	54.5	30	61.22	348	23,819.4	23,134.9			26	25.97	890.70
3859	0.981	8	11,060.6	8	340.18	341.5	48	140.51	79	33,965.2	23,883.0			26	22.91	1,042.46
3882	0.386	4	10,854.9	7	60.06	61.5	25	30.12	361	27,882.2	22,310.8		24		20.70	1,078.03
2831	0.297	4	10,610.6	5	34.38	35.5	21	30.12	353	15,738.2	14,100.6		24		21.76	648.08
1765	0.454	2	10,549.5	5	26.57	27.5	11	27.61	383	13,226.9	12,249.3	22			20.70	591.78
2810	0.247	6	10,481.4	7	57.70	58.5	35	30.12	348	25,567.6	19,268.0		24		18.99	1,014.51
3879	0.136	8	10,287.7	6	37.14	38.5	51	21.67	475	22,962.9	21,096.5	22			24.60	857.72

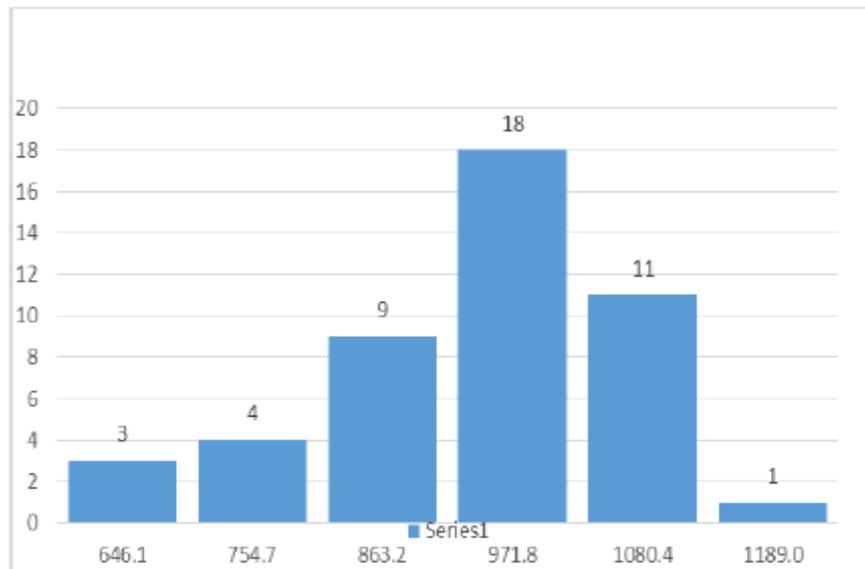
Elaborado por: Autores

Ilustración 34: Datos estadísticos con la propuesta de mejora.

Nº Datos	46
Nº Clases	6
Mínimo	591.78
Máximo	1,243.28
Rango	651.5
Inter Clase	108.58
Promedio	945.49 K/h

Elaborado por: Autores

Ilustración 35: Dispersión de datos estadísticos



Elaborado por: Autores

Ilustración 36: Resultados estadísticos según ABC propuesto.

Clase	Min	Max	>	<	Punto medio	Nº Datos
1	591.78	700.36	>591.78	<700.36	646.1	3
2	700.36	808.95	>700.36	<808.95	754.7	4
3	808.95	917.53	>808.95	<917.53	863.2	9
4	917.53	1026.11	>917.53	<1,026.11	971.8	18
5	1026.11	1134.69	>1,026.11	<1,134.69	1080.4	11
6	1134.69	1243.28	>1,134.69	<1,243.28	1189.0	1

Elaborado por: Autores

12.3 RESULTADOS ESPERADOS CON LA PROPUETA DE MEJORA DE PRODUCTIVIDAD

La propuesta de mejora para aumentar la productividad es producir la mayor cantidad de kg/m optimizando la longitud del perfil de salida en la mesa de enfriamiento utilizando tochos de 26 pulgadas de acuerdo al cálculo realizado en la siguiente figura:

Ilustración 37: Mejora de manejo de equipo prensa 1.

Indicadores de produccion	SITUACIÓN ACTUAL		SITUACIÓN PROPUESTA	
	und.	Acu.2018	2019	
Productividad	kg/h-ut	917	945	4%
Utilizacion	%	87	90	1%
Recobrado	%	75	79	4%
Tochos/hora total	und.	22	23	5%
Peso Promedio	kg/m	0.216		
Peso Minimo	kg/m	0.046		
Peso Maximo	kg/m	3.337		
Velocidad	m/min.total	39.27	41.23	5%
Largo tocho Minimo	pulg.	22	24	
Largo tocho Maximo	pulg.	24	26	
Largo de mesa util	m.	39	45	
Mano de Obra :				
Operador de Prensa	hombres	1	1	0%
Ayudante Operador Prensa	hombres	1	0	-100%
Ayudante de mesa	hombres	1	1	0%
Estiradores	hombres	2	2	0%
Sierra	hombres	2	2	0%
Total	hombres	7	6	-13%

Elaborado por: Autores

12.4 COSTO BENEFICIO

El costo beneficio se determina por medio del aumento de la productividad aprovechando, optimizando los recursos de materia prima. Tomando en cuenta que el montaje de la cizalla en caliente a l salida del horno (ver **RECOMENDACIONES**) tiene un costo de \$ 160.000

12.4.1 DETALLE DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN

El costo de mano de obra indirecta está formado por:

- Sueldos \$496
- Alimentación \$280
- Fondos de reserva \$80
- Uniformes \$60
- Seguro médico \$50

Los costos indirectos de fabricación son:

- Servicios básicos \$80.000
- Combustibles \$1.800 diarios en diésel
- Mantenimiento e instalaciones \$2.000
- Repuestos y accesorios \$1.000

12.4.2 COSTO DE PRODUCCIÓN

El costo de producción neta de CEDAL es:

Costo de producción: \$ 3.50

La empresa ya tiene determinado su costo de producción, por lo cual se ha solicitado al jefe del área para poder realizar los cálculos de las ganancias con la propuesta del nuevo método de trabajo.

12.4.3 GANANCIAS ESTIMADAS CON LA PROPUESTA DE MEJORA

Mediante la propuesta de mejora se obtendrá 30 kg/h más de lo presupuestado, esto equivale a un 4% de la productividad anual lo que en dinero se representa con el siguiente cálculo:

Ganancias diarias= 27.8 kg/h*c.p.*24 h=

Ganancias diarias = 27.8 kg/h * \$ 3.50 *24 h= \$ 2.335,2

Ganancias mensuales= ganancias diarias * 22 días= \$ 51.374,4

Ganancias anuales= ganancias mensuales * 12 meses= \$ 616.492,8

12.5 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

En la situación actual del área de extrusión tiene una productividad de 917 kg/h al año y aplicando la propuesta de mejora, esta subirá a 945 kg/h al año, esto representa al incremento del 4%. La utilización de maquinaria de 87% con la propuesta de mejora aumentará al 90%. La velocidad de la mesa subirá de 39.27 m/min a 43.3 m/min. El largo de tocho mínimo a utilizar actualmente es de 22 y 24 pulgadas lo que en la mesa de enfriamiento se refleja en una utilización de 39 metros. La propuesta de mejora sugiere que se utilizará tochos de 24 y 26 pulgadas aprovechando la mesa de enfriamiento en 45 metros.

12.5.1 IMPACTOS

Social

En la presente investigación se ha llegado a determinar que, de 7 trabajadores existentes en la actualidad en el área de extrusión, un trabajador puede realizar otras actividades, de tal manera que se pueden agilizar otros subprocesos dentro del área de extrusión.

Económico

La implementación de la propuesta va aprovechar de manera eficiente la mesa de enfriamiento, produciendo más kilos/hora de perfiles, sin descuidar la calidad del producto, con el aumento de la productividad la empresa generará mayores ganancias en lo que a dinero se refiere.

13 PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO:

Recurso Humano.

Tabla 18: Recurso Humano

HUMANO			
N°	Artículo	Costo (\$)	Total (\$)
2	Capacitación	100,00	200,00
-	Alimentación	200,00	200,00
-	Transporte	128,00	128,00
TOTAL			528,00

Elaborado por: Autores

Recursos Materiales.

Tabla 19: Recursos Materiales

MATERIALES			
N°	Artículo	Costo unitario (\$)	Total (\$)
3	Redmax de papel Bond A4	6,00	18,00
4	Anillados	3,00	12,00
600	Copias	0,05	30,00
1	Cartuchos EPSON	316,00	316,00
4	Bolígrafos	0,50	2,00
2	Lápiz Rotring	4,00	8,00
1	Tablero de clip	5,00	5,00
TOTAL			391,00

Elaborado por: Autores

Recurso Tecnológico.

Tabla 20: Recurso Tecnológico

TECNOLÓGICO			
N°	Artículo	Costo unitario (\$)	Total (\$)
1	Cronómetro Casio HS-3	34,00	34,00
4	CDs	0,50	2,00
2	Flash Memory de 4 GB	5,00	10,00
1	Cámara digital Panasonic Lumix Tz57 de 16 MP	300,00	300,00
1	Laptop HP	900,00	900,00
1	Internet banda ancha	25,00	25,00
TOTAL			1.271,00

Elaborado por: Autores

Recursos Económicos.**Tabla 21:** Recursos Económico

ECONÓMICO		
ITEM	PRESUPUESTO (\$)	TOTAL (\$)
1	Humano	528,00
2	Materiales	391,50
3	Tecnológico	1.271,00
TOTAL		2.190,00

Elaborado por: Autores

14 CONCLUSIONES

- Se determinaron las condiciones actuales en el área de extrusión, identificando los principales problemas y los puntos que requieren de una mejora dentro del proceso fundamentados en la capacidad productiva actual, aplicando técnicas de recolección de datos, análisis, operaciones, tiempos y rendimientos de los factores que influyen el proceso productivo.

Se elabora y define un layout donde se identifican los subprocesos que, teniendo una mayor capacidad, no es aprovechada eficientemente. En base al estudio se pudo determinar que la mesa de enfriamiento no estaba siendo aprovechada en su longitud/capacidad total 48m.

- Con los resultados obtenidos de la toma y análisis de los tiempos realizados en cada actividad del proceso, se ingresó a un simulador de proceso llamado “Promodel” mismo que determinó el cuello de botella más alto del área es la mesa de enfriamiento por lo cual se realizó un cálculo en donde el mejor método de trabajo es el de calcular el largo más idóneo del tocho para una mayor utilización de la mesa de salida-enfriamiento.
- No todas las corridas de producción son realizadas con el largo de tocho actualmente establecido o disponible (20, 22, 24, 26 y 27,5 pulgadas); existen matrices que por calculo real deben correr con largos de tochos impares (21, 23, 25 o 27 pulgadas) por lo tanto con nuestra mejora la productividad subirá en de 917 kg/h a 945 kg/h anual de lo presupuestado por la empresa, de acuerdo al estudio realizado a las referencias de alta rotación.

15 RECOMENDACIONES

- Instalar una cizalla en caliente para corte de billet de aluminio de 26 pulgadas a la salida del horno de tocho en donde el operador de prensa determina el largo de tocho óptimo en base a las referencias de mayor rotación, mismas que se encuentran en el ABC propuesto.
- Capacitar y difundir la propuesta de mejora en el área de extrusión y su finalidad, para satisfacer las necesidades de formación.
- Realizar evaluaciones semanales y mensuales a partir de la implementación de la propuesta de mejora para determinar su efectividad, en caso de no cumplir la productividad esperada se necesita realizar una trazabilidad para establecer los errores de cálculo.

16 BIBLIOGRAFÍA

- CEDAL. (20 de 04 de 2013). *Corporación Ecuatoriana de Aluminio*. Obtenido de http://cedal.com.ec/produccion_cedal.php
- Correa Butista, G. O. (2013). ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DE LOS TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EMPLEADOS EN EL ÁREA DE FUNDICIÓN DE LA EMPRESA CEDAL S.A. Riobamba, Ecuador: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- CURRIE, M. R. (1979). *Análisis y Medición del trabajo*. México: Diana.
- FUERTES, M. (2000). *Métodos y Tiempos*. Riobamba: s.n.
- Greig, M., & Neumann, W. (2015). Testing of a workstation efficiency evaluator tool. *International Journal of Industrial Ergonomics.*, 48, 60-69.
- Grimaldo, E., Silva, D., Molina, J., & Fonseca, D. (15 de Agosto de 2014). ANÁLISIS DE MÉTODOS Y TIEMPOS: EMPRESA TEXTIL. Colombia.
- Kellegöz, T., & Toklu, B. (2015). A priority rule-based constructive heuristic and an improvement method for balancing assembly lines with parallel multi-manned workstations. *International Journal of Production Research*, 53, 736-756.
- Meyers, F. E. (2000). *Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil*. México: Prentice Hall.
- NIEBEL, B. (1996). *Ingeniería industrial: métodos, tiempos y movimientos*. Madrid: Alfaomega.
- Niebel, B. (2004). *Ingeniería Industrial, Métodos estándares y diseño del trabajo (11ed)*. Madrid: Alfaomega.
- O.I.T. (1998). *Introducción al estudio del trabajo*. Ginebra: Ginebra.
- RIGGS, J. L. (1999). *Planeación, análisis y control*. México: Editorial Limusa S.A. De C.V.
- VEDDER, W. (1977). *Ergonomía. Enciclopedia de salud y seguridad industrial*. España: Siglo XXI de España Editores.

ANEXOS

ANEXO N° 1
Norma INEN 2250-2017



**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

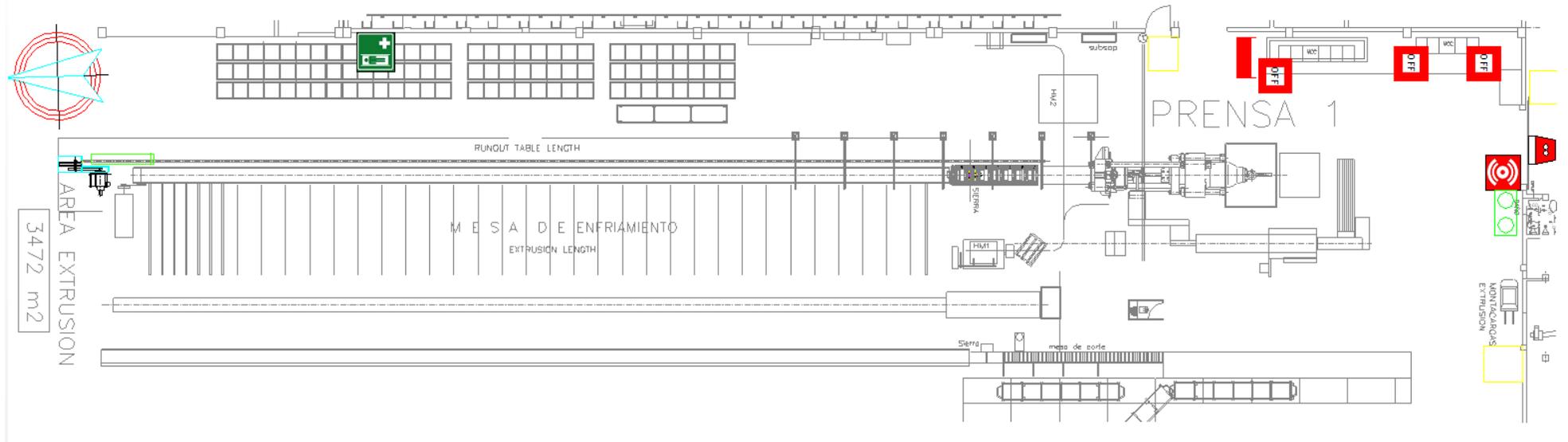
NTE INEN 2250
Segunda revisión
2017-03

**ALUMINIO. PERFILES, BARRAS, VARILLAS Y TUBOS EXTRUIDOS.
REQUISITOS**

ALUMINIUM. PROFILES, BARS, RODS AND TUBES EXTRUDED. SPECIFICATIONS

ANEXO N° 2

Mapa del área de extrusión



Elaborado por: D. Santander