



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

Propuesta de redistribución de la planta de fundición de la empresa FUNDI
LASER de la ciudad de Ambato.

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero industrial

Autor:

Morocho Guachagmi Jimy Tobias

Tutor:

Mg. José Vicente Soria Granizo

Riobamba, Ecuador. 2024

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, **Jimy Tobias Morocho Guachagmi**, con cédula de ciudadanía **140099754-8**, autor (a) (s) del trabajo de investigación titulado: **Propuesta de redistribución de la planta de fundición de la empresa FUNDI LASER de la ciudad de Ambato**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mi exclusiva responsabilidad.

Así mismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, a los 9 días del mes de febrero de 2024.



Jimy Tobias Morocho Guachagmi

C.I: 140099754-8



ACTA FAVORABLE - INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En la Ciudad de Riobamba, a los 21 días del mes de noviembre de 2023, luego de haber revisado el Informe Final del Trabajo de Investigación presentado por el estudiante **Jimmy Tobias Morocho Guachagmi** con CC: 140099754-8, de la carrera Ingeniería Industrial y dando cumplimiento a los criterios metodológicos exigidos, se emite el **ACTA FAVORABLE DEL INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN** titulado "**Propuesta de redistribución de la planta de fundición de la empresa FUNDI LASER de la ciudad de Ambato**", por lo tanto se autoriza la presentación del mismo para los trámites pertinentes.

Mg. José Vicente Soría Granizo
TUTOR(A)

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **Propuesta de redistribución de la planta de fundición de la empresa FUNDI LASER de la ciudad de Ambato**, presentado por Morocho Guachagmi Jimmy Tobias, con cédula de identidad número 140099754-8, bajo la tutoría del Mg. Soria Granizo José Vicente; certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba a los 9 días del mes de febrero de 2024.

Mario Vicente Cabrera Vallejo, PhD.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Gabriela Joseth Serrano Torres, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Maria Magdalena Paredes Godoy, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO

en movimiento



UNACH-RGF-01-04-08.17
VERSIÓN 01: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, **Morocho Guachagmi Jimy Tobias** con CC: **140099754-8**, estudiante de la Carrera de **Ingeniería Industrial**, Facultad de **Ingeniería**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "Propuesta de redistribución de la planta de fundición de la empresa **FUNDI LASER de la ciudad de Ambato.**", cumple con el **8%**, de acuerdo al reporte del sistema Anti-plagio **Turnitin**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente, autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 02 de febrero de 2024

Mg. José Vicente Soria Granizo
TUTOR(A)

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a Dios por ser mi fortaleza y permitirme llegar a este momento, a mi familia, en especial a mis padres Manuel Elías Morocho León y Rocío Elizabeth Guachagmi Castro por su apoyo incondicional, porque con sus sacrificios me han dado la mejor herencia. A mis hermanos, por estar a mi lado en las alegrías y tristezas, triunfos y fracasos. A mis profesores quiénes fueron las personas que me acompañaron durante este proceso de formación y con su ayuda he logrado alcanzar las metas académicas que me he propuesto.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por darme la sabiduría para alcanzar mis metas propuestas, a mi familia que, con su amor, comprensión confianza han sido pilares fundamentales para convertirme en la persona que soy ahora.

También agradezco a todos los docentes que me compartieron sus conocimientos desde el momento que ingresé a la Universidad Nacional de Chimborazo, a mis compañeros y amigos con los que compartí buenos y malos momentos, al Mg. José Vicente Soria Granizo por su apoyo y paciencia al ser mi tutor de tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARATORIA DE AUTORÍA.....	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR.....	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL.....	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO.....	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO.....	
ÍNDICE DE TABLAS.	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN.....	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I. INTRODUCCION	13
1.1. Antecedentes.....	13
1.2. Problema	16
1.3. Justificación.....	19
1.4. Objetivos.....	21
1.4.1. General.....	21
1.4.2. Específicos	21
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	22
2.1. Estado del arte.....	22
2.2. Marco referencial.....	23
2.2.1. Fundición	23
2.2.1.1. Fundición Nodular	25
2.2.1.2. Proceso Básico para la Fundición.....	26
2.2.2. Distribución de planta	27
2.2.2.1. Factores para la distribución en planta.....	30
2.2.3. Fases del método SLP.....	33
2.2.4. Metodología SLP	34
CAPÍTULO III. METODOLOGIA.....	45

3.1.	Tipo de Investigación.....	45
3.2.	Diseño de Investigación.....	45
3.3.	Técnicas de recolección de Datos.....	45
3.4.	Población de estudio y tamaño de muestra	46
3.5.	Hipótesis	46
3.6.	Métodos de análisis, y procesamiento de datos.	46
3.7.	Desarrollo del proyecto de investigación.....	46
3.7.1.	Cálculo de superficie.....	47
3.7.2.	Identificación de las áreas, departamentos o actividades.....	56
	CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	58
4.1	Análisis de la distribución actual.....	58
4.2	Propuesta de Layout	58
4.2.1	Diagrama relacional de las áreas, departamentos o actividades.....	60
4.3	Generación de Propuestas	61
4.4	Selección de la propuesta.....	69
	CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES.....	70
5.1.	Conclusiones.....	70
5.2.	Recomendaciones	71
	CAPÍTULO VI. PROPUESTA	72
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	74
7.	ANEXOS	76

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Coeficiente de la constante K.....	40
Tabla 2. Ejemplo de un código de razones.....	41
Tabla 3. Tabla de proximidad.....	41
Tabla 4. Altura de los elementos y operarios del área de fundición de la Empresa FUNDI LASER	53
Tabla 6. Tabla generar de espacio requerido.....	59
Tabla 7. Características de un buen Layout.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Metodología para la distribución de planta	32
Figura 2. Diagrama de Flujo del proceso de fundición del FUNDI LASER	35
Figura 3. Layout del proceso de fundición de la empresa FUNDI LASER.....	36
Figura 4. Modelo Matriz De Relaciones	42
Figura 5. Ejemplo De Diagrama Relación al De Actividades.....	43
Figura 6. Diagrama Relacional De Espacios.....	44
Figura 7. Matriz de relación de actividades	60
Figura 8. Layout adecuado-Corelap.....	62
Figura 9 Diagrama relacional de actividades. Propuesta 1	63
Figura 10 Diagrama relacional de actividades. Propuesta 2	65
Figura 11 Diagrama relacional de actividades. Propuesta 3	67
Figura 12. Layout propuesto	72

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Superficie estática.....	38
Ecuación 2. Superficie gravitacional	39
Ecuación 3. Superficie de evolución.....	39
Ecuación 4. Superficie total.....	40
Ecuación 5. Coeficiente K.....	52

RESUMEN

En la actualidad, en la empresa FUNDI LASER se han identificado algunos problemas en el área de Modelado y Fundición tales como los choques entre líneas o actividades productivas, ampliación del área, tiempos largos en cada subactividad, excesivos movimientos en los subprocesos lo que provoca que la productividad se vea afectada, debido a esto; se ha planteado un Layout como propuesta de redistribución de la planta con la intención de mejorar el flujo de trabajo continuo eliminando los problemas mencionados. Los flujos de materiales o de personas juegan un papel muy importante en la producción de la planta, de ahí la estrecha relación del planteamiento de la distribución con la selección de los medios para materializar tales flujos lo cual evitara despilfarros en el proceso, tiempos de esperas, choques entre los procesos o actividades, demoras en el transporte de equipos y materiales, etc.

La propuesta del Layout para la empresa se trabajó mediante el método de SLP (Systematic Layout Planning) de Richar Muther, en el cual se propone mejorar el flujo de trabajo debido a la adecuada ordenación del espacio de producción disponible, optimizándola en base a la relación que existe entre cada actividad en los procesos de inicio a fin para la obtención de los productos de calidad.

Para presentar los resultados de la empresa se generaron 3 posibles alternativas para la ubicación de las máquinas y equipos existentes en FUNDI LÁSER, en las cuales se puede ver la relación que existe entre las 15 actividades que se desarrollan para producir tapas redondas de alcantarilla que se producen en la empresa, los datos obtenidos mediante cálculos se digitan en el programa CORELAP, mediante una matriz se identifican las características de un buen Layout; entre todas las propuestas se selecciona la primera, debido a que distribuye de manera equitativa el recorrido del producto y se puede apreciar todo el proceso productivo, evitando los cuellos de botella, sino más bien que en toda el área se distribuya el recorrido del trabajo permitiéndonos la integración de todas las maquinarias, materiales, recursos humanos e instalaciones de la empresa generando una gran unidad operativa la cual trabaja juntamente con efectividad y buscando minimizar los costos de producción para elevar al máximo la productividad en el área de modelado y fundición de la sociedad.

Palabras claves: Ampliación, redistribución, método SLP, Layout, corelap.

ABSTRACT

Currently, in the company FUNDI LASER, some problems have been identified in the area of Modeling and Foundry, such as clashes between lines or productive activities, expansion of the area, long times in each subactivity, excessive movements in the subprocesses which cause productivity is affected due to this; A Layout has been proposed as a proposal to redistribute the plant to improve the continuous workflow by eliminating the problems above. The flows of materials or people play a vital role in the production of the plant, hence the close relationship between the distribution approach and the selection of the means to materialize such flows, which will avoid waste in the process and waiting times. , clashes between processes or activities, delays in the transportation of equipment and materials, etc.

The Layout proposal for the company was worked using the SLP (Systematic Layout Planning) method of Richar Muther, in which it is proposed to improve the workflow due to the proper organization of the available production space, optimizing it based on the relationship that exists between each activity in the processes from start to finish to obtain quality products.

To present the company's results, 3 possible alternatives were generated for the location of the existing machines and equipment at FUNDI LÁSER, in which you can see the relationship that exists between the 15 activities that are developed to produce round manhole covers that are produced in the company, the data obtained through calculations are entered into the CORELAP program, using a matrix the characteristics of a good Layout are identified; Among all the proposals, the first is selected, because it equitably distributes the product route and the entire production process can be seen, avoiding bottlenecks, but rather that the work route is distributed throughout the area, allowing us the integration of all the company's machinery, materials, human resources, and facilities, generating a large operational unit which works together effectively and seeking to minimize production costs to maximize productivity in the modeling and foundry area of the company.



Revisado por:
DARIO JAVIER
CUTIOPALA LEON

Reviewed by:
Mgc. Dario Javier Cutiopala Leon
ENGLISH PROFESSOR

CAPÍTULO I. INTRODUCCION

1.1. Antecedentes

FUNDI LASER está ubicada en la provincia de Tungurahua, parroquia Izamba del cantón Ambato, es una empresa dedicada a la producción y comercialización de piezas de hierro nodular tales como: tapas de alcantarillado, sumideros, caja de válvulas, entre otros; sin embargo, el producto en el que nos enfocaremos la investigación será sobre las tapas de alcantarillado debido a que ese producto que tiene mayor demanda.

Según Zurita & Punina (2017) una empresa llamada Tirado Hnos. Cía. Ltd., que inició sus actividades en 1960 y estaba formada por cuatro socios que se dedicaban a la industria metálica. Al pasar unos años, sintió la necesidad de introducir un proceso de fundición de metales. Y el nombre de la empresa pasó a ser "FUNDI LASER". En 1975, la nueva empresa inició operaciones con gran éxito y permaneció en el mercado nacional e internacional durante varios años, pero la empresa fue liquidada, por lo que; cada socio asumió la dirección de una empresa independiente, Jesús Eduardo Tirado Ulloa, mantuvo el nombre FUNDI LASER y se dedicó a la industria metalúrgica.

Para Supe (2019) la empresa junto a su fundador Eduardo Tirado, tienen más de 40 años de experiencia en los procesos de fundición, pero con su nuevo horno de inducción instalado a mediados de 2017, causó una gran innovación y permitió un amplio crecimiento en el mercado y trajo consigo anhelos por conocer y al mismo tiempo deseos por capacitarse en su uso y mantenimiento; siendo una de las siete máquinas que existen actualmente en el país, debido a su delicada manipulación. Todo el proceso para la fundición implica un proceso de selección del material a ser fundido, ya que se desprecia el material oxidado y con rastros de pintura; siendo estas, requisitos necesarios para la obtención de materiales de gran calidad.

La empresa cuenta con aproximadamente 21 trabajadores distribuidos de la siguiente manera y en sus respectivas áreas:

- Área de Modelado y Fundición: cuenta con 12 trabajadores, los cuales se encargan de realizar los moldes, fundir y verter la colada para la formación del producto (tapas de alcantarillado, cajas de válvulas, sumideros, etc.), en este sector de la empresa se pretende realizar la Redistribución del espacio físico disponible para los equipos, el personal, materia prima y demás recursos que se necesita en esta etapa de producción.

Para poder documentar la producción de tapas de alcantarillado en el área de moldeado y fundición la cual es de 24,30 m y 23,50 m, consta con las siguientes sub áreas para los siguientes equipos: mezcladora con banda transportadora, materia prima para los moldes (arena), para realizar el modelado, el área de la olla de colado, carretillas, área del compresor 2 alternativo o de emergencia, para el compresor 1 neumático, para el molino y mezclado de la arena fina, una tolva para la arena fina, el área de chatarra, área de la balanza, área donde se ubica el horno de inducción, área para el Bobcat.

- Área de Mecanizado: en esta área existen 6 trabajadores que se encargan de los acabados del producto; es decir, del pulido y pintura del producto, para que esté listo para la distribución y comercialización.
- Administración: son 3 personas las que se encargan de la administración de la empresa FUNDI LASER.

Algunos de los principales clientes de FUNDI LASER son algunos GADs de las diferentes provincias como Tungurahua, Chimborazo, Pastaza, etc.

Supe (2019) dice que la materia prima es adquirida a las diversas empresas recolectoras que llevan y venden la chatarra a la empresa FUNDI LASER, son ellos mismos quienes clasifican y a la vez pesan la cantidad la chatarra para que se realice el pago de este. Algunos de los desechos metálicos que se pueden usar como materia prima para la función nodular son estructuras de aceros de plantas industriales, estructura de barcos, automóviles y electrodomésticos, mallas de acero, tanques metálicos, retornos de la misma empresa. Uno de los dos proveedores principales es la recicladora Acero y Mallas.

En el mes de mayo del presente año, la empresa realizó una ampliación del espacio físico del área de Modelado y Fundición, anteriormente este espacio de trabajo contaba con un galpón de 12 m de ancho por 24,30 m de largo donde se desarrollaba la actividad mencionada, en vista de que existían choques entre las actividades productivas debido al poco espacio, los técnicos, ingenieros y los directivos decidieron realizar un agrandamiento para poder desarrollar las actividades de forma más adecuada y con ello también mejorar la producción; activamente el espacio físico de esta área es de 23,50 m de largo por 24,30 m de ancho y tiene una producción diaria de 30 tapas. En vista de lo mencionado anteriormente, se requiere una Propuesta de un nuevo Layout para el área de Modelado y Fundición donde se pueda aprovechar efectivamente el espacio físico y establecer una reorganización de las máquinas, equipos, materiales y personal que se encuentran laborando en el área. Algunos de los equipos y máquinas que se usan en la empresa para el área de Modelado y Fundición son un horno de inducción de 425 Amperios, balanza industrial, olla de reacción y colado, mezcladora, compresores de pistón o alternativos, carretillas, molino de arena, etc., es importante mencionar que anteriormente no se habían realizado redistribución de las máquinas, equipos, insumos y demás elementos de esta área.

Para Moposita (2013) en la empresa de Ambato de nombre LILY SPORT dedicada a la fabricación y comercialización de prendas deportivas, se realizó una redistribución de la planta con la intención de impactar positivamente en la producción mediante un modelo general de distribución de planta aplicando el método SLP, el autor concluye que con el método SLP logro reducir considerablemente el espacio entre máquinas y así logro optimizar el tiempo y rendimiento de los recursos permitiendo a la empresa mejorar la producción en un 10 % haciendo que la nueva distribución sea beneficiosa para la empresa.

Según Guevara & Tapia (2023) en la empresa RIKITOS S.A. de la ciudad de Chiclayo se realizó una redistribución de los equipos, máquinas, insumos del área de producción pretendiendo mejorar la productividad de la empresa mediante la optimización de los recursos de la empresa, reducir las distancias para que el tiempo de producción aumente, u organizar el método de trabajo u el flujo del mismo, los beneficios que identificaron después de la redistribución inciden directamente en el aumento en un 18% en la producción de gracias al mejor método de trabajo de los operadores eliminando tiempos muertos.

1.2. Problema

Actualmente, el Ing. Jairo Villagrán, Jefe de Producción de la empresa FUNDI LASER menciona que algunos de los problemas que se dan en el área de Modelado y Fundición son los choques entre líneas o actividades productivas, ampliación del área, tiempos largos en cada sub actividad, excesivos movimientos en los sub procesos lo cual provoca según Guevara & Tapia (2023) que la productividad sea baja, por ello es importante en la empresa mejorar todo lo que influya en el rendimiento productivo; debido a esto, el Jefe de Producción sugiere realizar una propuesta de redistribución de la planta mediante un Layout; posteriormente los ejecutivos analizarán la viabilidad para ejecutar la redistribución del área, con la intención de

mejorar el flujo de trabajo continuo al eliminar los tiempos o demoras, reducir la cantidad de movimientos repetitivos que realizan los operarios durante las actividades, evitar pérdidas de tiempo en el transporte de los materiales, herramientas, insumos etc. Ver **Anexo 1**

La distribución de planta comprende organizar y distribuir el espacio para que los equipos, máquinas, personal y materiales tengan un orden que permita el flujo adecuado de las actividades que se desempeñan en un área.

La disposición de los departamentos, estaciones de trabajo, máquinas y puntos de almacenamiento en una instalación es parte del diseño de la planta. Generalmente, el objetivo es tener estos componentes diseñados de tal forma que garantice un flujo de trabajo consistente o un patrón de tráfico específico dentro del proceso productivo (Luxio, 2011).

En general existen gran variedad de síntomas que nos indican si una distribución precisa ser replanteada, solo hay a pensar durante cinco minutos si en la empresa suceden algunos de los síntomas que voy a enumerar a continuación:

- **Espacio insuficiente**, no siempre es la falta de espacio, en el 90% de las ocasiones el problema no es la falta de espacio, sino un proceso sin flujo que hace que necesitemos más espacio del que realmente es necesario, pero que, si mejoramos nuestro proceso y distribución en planta, en el 90% de las ocasiones se resuelve el problema de la falta de espacio sin inversiones de instalaciones nuevas (Pérez, 2016).
- **Congestión en pasillos** se puede presentar por acumulación de objetos, productos, insumos, etc.
- **Tiempo ocupado en el movimiento de los materiales** que necesitan los operarios puede ser motivo de una distribución no adecuada.
- **Exceso de movimientos** de personas.

- **Instalaciones nuevas**, si o si va a requerir una distribución o va a permitirnos mejorar la actual distribución para que este funcione de forma eficiente, se pueden eliminar todos los elementos estructurales y de diseño que obstaculizan el desempeño óptimo de la organización. Cualquier crecimiento y expansión necesarios se pueden acomodar mediante el diseño del nuevo edificio (Pérez, 2016).

En la empresa FUNDI LASER existe una serie de problemas que han sido identificados por el jefe de Producción en el área de Modelado y Fundición lo cual ha causado efectos en la productividad, algunos de los problemas son:

- Choques entre líneas o actividades productivas
- Tiempos largos en cada subactividad
- Excesivos movimientos en las subactividades
- Expansión del área

Debido a estos problemas identificados en la actual distribución del área de Modelado y Fundición se vio la necesidad de planificar una redistribución mediante un nuevo Layout para la área mencionada con el fin de mejorar las condiciones laborales ya que por el poco espacio y la ubicación incorrecta de los equipos existía la posibilidad de que sucediera un algún siniestro laboral, estrés laboral, o intoxicación causado por la actividad productiva ya que no existía el espacio suficiente para una adecuada disipación de esos vapores.

A demás de que se realizó una ampliación del área mencionada debido a una alta demanda del producto buscando entonces de esta manera cubrir la alta demanda mediante la redistribución del área, entendiendo que con esto se optimiza el tiempo de producción, optimiza recursos, etc.

1.3. Justificación

La redistribución de los elementos que conforman la empresa, fábrica, taller, industria, etc., es un asunto que no se le da la importancia que merece, pero si se analiza a profundidad, es un aspecto sumamente importante debido a que la gran parte del éxito o fracaso de una empresa depende de ello, ya que nos permite una buena gestión y optimización del trabajo que se desarrolla en la misma.

La distribución de una planta es un aspecto muy importante para el funcionamiento adecuado, eficiente y correcto de una empresa, se inicia el diseño en detalle, teniendo primordial importancia los conceptos de Ingeniería Industrial. Un buen Layout es lo que permite llegar a optimizar el recorrido de los diferentes componentes de un producto que busca obtener la interrelación efectiva y económica entre equipos, hombres y movimientos de materiales, recepción, fabricación, despacho del producto terminado.

A nivel del mundo lo que cada empresa busca cada día en sus operaciones es que estas sean más productivas, buscan nuevas herramientas, técnicas y/o metodologías para que sus empresas funcionen de forma más eficiente; muchas han hecho de la distribución de planta uno de sus mejores pilares para poder incrementar la productividad en su empresa, la aplicación de técnicas de distribución en planta brindan apoyo a la tendencia de la empresa moderna en dimensionarse, es decir, ubicarse exactamente con la gente que necesita, en los espacios justos, con la tecnología indicada y con las operaciones y procesos requeridos; en una palabra, llegar al correcto tamaño; el ubicar en su justo sitio máquinas, herramientas y accesorios; el dar entradas y salidas racionales a las materias y productos antes y después de su proceso en planta, pasando de sus almacenes de materias a los departamentos de depósitos, embalaje y expedición (Rios y otros, 2003).

Lo que las empresas a nivel mundial, regional, local, etc., buscan es que las actividades del proceso de producción se lleven a cabo con el mínimo de movimientos y tiempos, aunque sean muchos más los factores que intervienen en el proceso de producción tales como mano de obra, materia prima, máquinas y equipos, entre otros.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

- Realizar una propuesta de redistribución de la planta mediante un Layout para el área de Modelado y Fundición de la empresa FUNDI LASER.

1.4.2. Específicos

- Identificar el recorrido del proceso en el área de Modelado y Fundición de la empresa FUNDI LASER.
- Valorar el espacio que necesita las máquinas, equipos, personal para realizar la actividad productiva mediante el Método de Richar Muther para la propuesta de Layout para el área de Modelado y Fundición.
- Visualizar mediante un programa la distribución y organización de las máquinas, equipos, personal, materiales en el área de Modelado y Fundición.

Existe una pequeña controversia entre el tema planteado, el cual es “Propuesta de redistribución de la planta de fundición de la empresa FUNDI LASER de la ciudad de Ambato” y el objetivo general planteado del proyecto de tesis el cual abarca el área de Modelado y Fundición y no toda la planta, es importante mencionar que la idea principal siempre fue la de abarcar el área mencionada en el objetivo, pero por motivo de que existe un limitante en el número de letras que debe tomarse en cuenta para establecer el Tema no se pudo establecer el área específica en la cual se enfoca este tema de proyecto de tesis.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1. Estado del arte

La industria siderúrgica ha sido parte fundamental para el desarrollo de los pueblos desde remotos años influyendo directamente en el desarrollo económico, social, cultural y laboral, actualmente los productos provenientes de la siderurgia están presentes en todo nuestro vivir cotidiano

Naranjo (2021) dice que a nivel mundial la industria Siderúrgica es considerada como un eje fundamental en el desarrollo económico de un país, misma que es caracterizada por su posición estratégica que brinda ventajas considerables sobre otras industrias, después del petróleo y el gas la siderúrgica ocupa altos niveles de ventas a nivel mundial por ello genera directa o indirectamente millones de plazas de trabajo.

Para Garcia (2020) “la distribución en planta es una expresión de la idea que sobre la organización tenía el diseñador, de este modo las fábricas del siglo XIX se construían en volumen porque intentaban replicar el eficiente diseño de las máquinas” (p. 4).

El diseño de una fábrica puede darse en dos situaciones: la situación ideal o también conocida como greenfield, donde no hay limitaciones previstas pues, no hay nada predefinido es decir es una situación ideal que no se da prácticamente nunca, lo habitual es que existan limitaciones, por ello la segunda situación es que existen limitantes; se da cuando la empresa ha adquirido la nave que no se va a modificar los lindes, es más complicada de plantear y difícil de implementar debido a que está en funcionamiento.

Para reducir los costos generados en la creación de un producto y lo desperdicios que se generan en las industrias del GLG se pretende llegar a un balance entre los 3 elementos muy importantes en el proceso productivo como son el hombre-máquina-material, y esto se

logra gracias a un diseño de la distribución o redistribución en la planta. La planeación sistemática de la distribución en planta (SLP, por sus siglas en inglés de Systematic Layout Planning) es una herramienta que permite una utilización eficiente de los recursos, organización de las áreas de trabajo y equipos de la industria, optimización de los procesos, mayor nivel de competitividad y mejoramiento continuo, ya que no solo abarca un estudio cuantitativo de las dimensiones de la planta, también evalúa de manera cualitativa las relaciones entre áreas, el flujo de materiales, la comodidad de los trabajadores y los requerimientos específicos de los procesos y almacenamientos. Adicionalmente, es la metodología más aceptada y utilizada para la resolución de problemas de distribución de planta (Torres y otros, 2020).

2.2. Marco referencial

2.2.1. Fundición

La fundición, según Wenli (2022), la fundición es una instalación donde se realiza la fundición de los metales, donde los metales son moldeados a sus sin número de modelos o diseños gracias al proceso de fundición para luego verterlos en los moldes para obtener este material fundido cuando está frío, es decir que no es más que convertir en líquido un metal para colocarlo en un molde y dejar solidificar para así obtener una pieza.

En la empresa FUNDI LASER se realiza una fundición de hierro nodular lo que quiere decir que según Enriquez & Tremps (2012) “La característica básica de este material es que su grafito se presenta en forma de esferoides” (p.28), esferoide quiere decir que el grafito tendrá forma de diminutas esferas.

Cuando el grafito se agrupa en forma de nódulos o esferoides, no rompe la continuidad de la matriz ni provoca efecto de entalla, lo que hace aumentar sensiblemente las

características mecánicas en comparación con las que presentaría una fundición corriente con grafito laminar. Así, la resistencia a la tracción supera los 40 kg/mm², pudiendo alcanzar 120 kg/mm². En cuanto al alargamiento, puede llegar al 30% en las ferríticas. Finalmente, la dureza Brinell obtenible está entre 140 y 500 unidades. Todo ello sin perder las propiedades características de la fundición gris laminar (Enriquez & Tremps, 2012).

Existen algunas más propiedades que motivaron a FUNDI LASER a realizar una fundición nodular en sus piezas de tapa de alcantarillado, tales propiedades serian:

- Resistencia elevada
- Buena ductilidad
- Buena resiliencia
- Mayor facilidad para mecanizar
- Tiene un buen coeficiente de frotamiento y resistencia al desgaste (seco / lubricación)
- Excelente estanqueidad
- Alto grado de pulido
- Resistencia a la corrosión
- Resisten al calor y choque térmico

2.2.1.1. Fundición Nodular

En la empresa FUNDI LASER se realiza el fundido de la chatarra con la ayuda de un horno de inducción para así obtener la colada que va a ser vertida en los moldes de arena por un vertedero colocado en la parte superior del molde, estos moldes tienen las dimensiones, compactado y características necesarias para soportar el vertido de la colada que está a una alta temperatura. Después de esperar un aproximado de 50 minutos para que la colada se enfríe y adquiera la forma del molde se lo desmolda y pasa al proceso de acabado donde va a ser dado un pulido y pintado para que esté listo para salir como producto terminado. El molde consta de aproximadamente 4 Mazarotas y un bebedero.

Algunos de los equipos o sub-áreas que ocupan los equipos para realizar las tapas de alcantarillado son:

- Sub-área de la mezcladora con banda transportadora,
- Sub-área para materia prima (arena),
- Sub-área para el modelado,

- Sub-área de la olla de colado,
- Sub-área para las carretillas,
- Sub-área del compresor 2 alterno o de emergencia,
- Sub-área del compresor 1 neumático,
- Sub-área para el molino y mezclado de la arena fina, una tolva para la arena fina,
- Sub-área de chatarra,
- Sub-área de la balanza,
- Sub-área donde se ubica el horno de inducción,
- Sub-área del Bobcat.

2.2.1.2. Proceso Básico para la Fundición

El primer paso es hacer el molde de fundición.

- Prepare el molde y sujételo.
- Vierta el metal fundido en el molde.
- Deje que el metal se enfríe.
- Retire la fundición endurecida del molde.
- Retire cualquier exceso de metal de la fundición final.
- El producto final se pule y termina.

La fabricación de un molde es el primer paso en el proceso de fundición de metales.

Este molde se utiliza para verter y enfriar el metal que se va a fundir. La composición del molde y la selección del material estarán influenciadas por el tipo de metal y la forma deseada. La arena se utiliza comúnmente como material de moldeo. Sin embargo, los trabajadores también pueden utilizar metales y materiales de revestimiento y otros materiales. Se combinan varios metales para formar la masa fundida de diferentes tipos de metales. Los

hornos se pueden clasificar en categorías como cúpula, arco eléctrico, inducción, solera o reverbero y crisol. Los metales necesitan diferentes insumos debido a sus diferentes propiedades. Emisión Hay varios tipos que generan residuos peligrosos. El metal se vierte en la pieza fundida prefabricada después de fundirlo y dejarlo fraguar. Este proceso dura aproximadamente 50 minutos. Se combinan humedad, aceites y arena verde para crear una cavidad de molde. Luego, la cavidad se llena de metal. El metal se desmolda fácilmente una vez que se ha enfriado. A pesar de los niveles extremos de calor y presión que enfrenta, este tipo de arena debe mantener su tamaño de grano, minimizar las emisiones de gases y no reaccionar con los metales (Wenli, 2022).

2.2.2. Distribución de planta

Hace referencia al ordenamiento de todas las áreas de una planta por ello es importante destacar que la distribución de planta tiene como objetivo el ahorrar los recursos, esfuerzos y otras demandas de cada área (Cabrera, 2022).

La distribución del espacio físico es un aspecto muy importante en una industria debido a que se procura aprovechar al máximo, para Vallhonrat & Vallhonrat (2013) “el diseño de sistemas productivos es un proceso complejo que implica conocimientos económicos, técnicos y de gestión” (p. 9), es complejo debido a todos los detalles que se deben tener en cuenta para que el sistema tenga éxito.

Una adecuada distribución de la planta permitirá a que la empresa evite despilfarros en la productividad, tiempos de esperas, choques entre los procesos o actividades, demoras en el transporte de equipos y materiales, etc.

Aunque la distribución en planta es un problema de localización múltiple, el número de elementos a localizar, su interacción y la variedad de puntos de vista que deben ser tenidos en

cuenta (desde el estético al económico o desde la seguridad hasta la imagen comercial de la empresa) le dan carácter específico y en general, gran dificultad. En la distribución en planta los flujos de materiales o de personas juegan un papel muy importante de ahí la estrecha relación del planteamiento de la distribución con la selección de los medios para materializar tales flujos, con la manutención (Vallhonrat & Vallhonrat, 2013).

Para Muther (1981) existen 6 principios básicos de la distribución de planta:

1. **Principio de la integración de conjunto.** - integra a todos los componentes directos e indirectos del proceso productivo como los hombres, los materiales, la maquinaria, las actividades auxiliares, así como cualquier otro factor como por ejemplo los insumos, de modo que resulte el compromiso mejor entre todas estas partes.
2. **Principio de la mínima distancia recorrida.** - siempre va a ser mejor la distribución de planta donde el material tenga que recorrer la menor distancia entre las operaciones.
3. **Principios de la circulación o flujo de materiales.** – la distribución o redistribución que muestre la mejor ubicación u ordenamiento de los componentes dentro de un área de trabajo o que indique una correcta secuencia del flujo de trabajo ya sea de cómo se transforma un material, como se lo trata o monta va a ser la mejor opción para el correcto funcionamiento de la planta.
4. **Principio del espacio cúbico.** – cuando se utiliza al máximo el espacio ya sea vertical u horizontal con el que se dispone nos permite economizar lo costos de producción lo cual beneficia a la empresa.
5. **Principio de la satisfacción y de la seguridad.** - será siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los productores.

6. **Principio de la flexibilidad.** - siempre será más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada, con menos costo o inconvenientes.

Para realizar la propuesta del Layout para la empresa se utilizará el método de SLP (Systematic Layout Planning) de Richar Muther, ya que es un método en el cual busca mejorar el flujo de trabajo gracias a la ordenación adecuada del área disponible optimizándola.

Para hacer la distribución de planta por el método SLP se identifica el tipo de distribución que se va a realizar, existen 3 tipos:

1. **Por posición fija** lo cual quiere decir que el material, máquinas y equipos no son móviles, sino que se mantienen en un lugar de forma estática fija.
2. **Por proceso o función**, en esta forma de distribución, las actividades similares entre sí están agrupadas, por ejemplo, soldadura, moldeo, mezcla de materia prima en insumos, los equipos están agrupados según la actividad lo requiera.
3. **Producción en cadena, en línea o por producto**, la producción es secuencia, y los equipos están ubicados en una misma área, el material circula de estación en estación de trabajo.

Se utilizará la distribución en posición fija cuando, según (Muther, 1981):

- Las operaciones de transformación requieren herramientas de mano o máquinas sencillas.
- Se fabrique pocas piezas de un artículo.
- Coste del traslado del material sea elevado.
- Efectividad de la mano de obra se base en la habilidad de los trabajadores.

Según Muther (1981), se empleará la distribución por proceso o función, cuando:

- La maquinaria sea muy cara y difícil de mover.
- Se fabriquen diversos productos.
- Haya amplias variaciones en los tiempos requeridos por las diversas operaciones.
- La demanda de productos sea pequeña.

Se emplea la distribución en cadena o por producto cuando, según Muther (1981):

- Haya gran cantidad de piezas o productos a fabricar.
- El diseño del producto este más o menos normalizado.
- La demanda del producto sea estable, y el equilibrado de las operaciones y la continuidad de la circulación de materiales.

2.2.2.1. Factores para la distribución en planta

- **Factor 1-Materia.** - El factor más importante en una distribución es el material. Incluye los siguientes elementos o particularidades: Materias primas, material entrante, material en proceso, productos acabados, material saliente o embalado, materiales accesorios empleados en el proceso, piezas rechazadas, a recuperar o repetir, material de recuperación, chatarras, viruta, desperdicios, desechos, materiales de embalaje, materiales para mantenimiento, taller de utillaje u otros servicios (Muther, 1981).
- **Factor 2-Maquinaria.** - La información que se obtiene sobre las máquinas (incluidas herramientas y equipos) es esencial para gestionarlas adecuadamente dentro de un área de trabajo. Los elementos o características de los elementos de la máquina incluyen: máquinas de producción, equipos de mecanizado o procesamiento, equipos especiales, herramientas, moldes, modelos, accesorios, conjuntos, dispositivos de medición y prueba, medidores, unidades de prueba, herramientas manuales y equipos eléctricos manejados por operadores, controladores o Paneles de control, máquinas en espera o

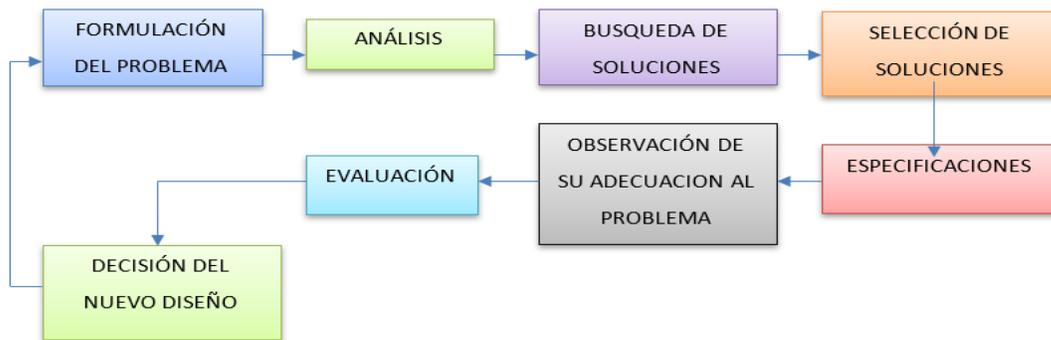
inoperativas, mantenimiento de máquinas, taller de utillaje u otros servicios (Muther, 1981).

- **Factor 3-El Hombre.** - Dentro de la producción, uno de los factores más importantes es el hombre ya que es mucho más flexible que cualquier material o máquina: puede moverse, su trabajo puede dividirse o distribuirse, puede capacitarse en nuevas actividades y en general es adaptable a cualquier circunstancia y adaptable a las actividades deseadas. Los elementos y características del factor humano (hombres que participan en el trabajo) incluyen: trabajadores directos, jefes de equipo y capataces, jefes y gerentes de departamento, y jefes de departamento (Muther, 1981).
- **Factor 4- Movimiento.** - Es necesario el movimiento de al menos uno de los tres elementos básicos de la producción (material, personas y máquinas), generalmente se trata de materias primas (materias primas, materiales en bruto o productos terminados). El movimiento de los materiales es tan importante que muchas industrias cuentan con equipos de profesionales (ingenieros) que se dedican exclusivamente a planificar equipos y métodos de procesamiento de los componentes con los que cuenta la industria. Se estima que la manipulación de materiales es responsable del 90% de los accidentes industriales, el 80% de los costos laborales indirectos, un porcentaje significativo de los daños a los productos y muchos otros inconvenientes que se presentan. Para la mayoría de las industrias, la forma en que se mueven (procesan o transportan) los materiales tienen una influencia directa e importante en el diseño de sus instalaciones. La distribución y el manejo de material van estrechamente unidos; no podemos estudiar aquella sin tener en cuenta este, y todo estudio del manejo está directamente relacionado con el de la distribución. Nos enfrentaremos aquí con el

manejo del material no como problema en sí mismo, sino como un factor para el logro de los objetivos de una buena distribución (Muther, 1981).

El método SLP que lo estableció Richar Muther está compuesto por 3 etapas como son: análisis, búsqueda y solución.

Figura 1. Metodología para la distribución de planta



Nota: Cabrera (2022), compilación del docente

Antes de formular el problema, se realiza un estudio del flujo de producción que definen la distribución o redistribución (flujos de materiales, información, operadores, etc.) y se desarrolla una matriz de relaciones en la que las etiquetas en estrecha proporción reflejarían la necesidad de acercar las partes de dicho par más juntas. Las relaciones de vecindad se muestran en el diagrama con valores A (absolutamente necesario), E (especialmente importante), I (importante), O (indiferente), U (no importante), X (indeseable), luego se realiza una aproximación de la distribución, cumpliendo en la medida de lo posible los requisitos definidos en la matriz relacional. En segundo lugar, crea un diagrama de relaciones espaciales que muestre los detalles geométricos de cada área, incluidos los corredores y los requisitos técnicos. Finalmente, en el paso de solución, cada posible solución encontrada en el paso anterior se evalúa frente a los criterios de optimización y se determina la solución final (Mejia y otros, 2011).

2.2.3. Fases del método SLP

La metodología SLP consta de cuatro fases para poder identificar, evaluar y visualizar los elementos del proceso productivo de la empresa que van a ser distribuidos.

2.2.3.1. Fase 1. Localización

Según Cabrera (2022) la localización trata de que “Aquí debe decidirse la ubicación de la planta. Cuando se trata de una planta nueva, se buscará una posición geográfica competitiva basada en la satisfacción de ciertos factores”. (p.32)

2.2.3.2. Fase 2. Distribución general

En la distribución general se establece el patrón de flujo para el área asignada y también se determina el tamaño, la relación y la configuración de cada actividad, departamento o área principal sin preocuparse por los detalles de la asignación. Como resultado de esta etapa no da un croquis o esquema a escala de la futura industria (Cabrera, 2022).

2.2.3.3. Fase 3. Plan de distribución detallada

Un plan de distribución según Cabrera (2022) es “preparar planes de distribución detallados e incluir la planificación de dónde se ubicarán los puestos de trabajo, así como los materiales y las máquinas y los equipos”. (p.32)

2.2.3.4. Fase 4. Instalación

Una instalación según Cabrera (2022) “involucra todos los movimientos físicos y todos los puestos de trabajo, necesarios conforme se van a colocar los equipos y las máquinas con el fin de lograr aquella distribución detallada que previamente fue planeada por un profesional”. (p.32)

2.2.4. Metodología SLP

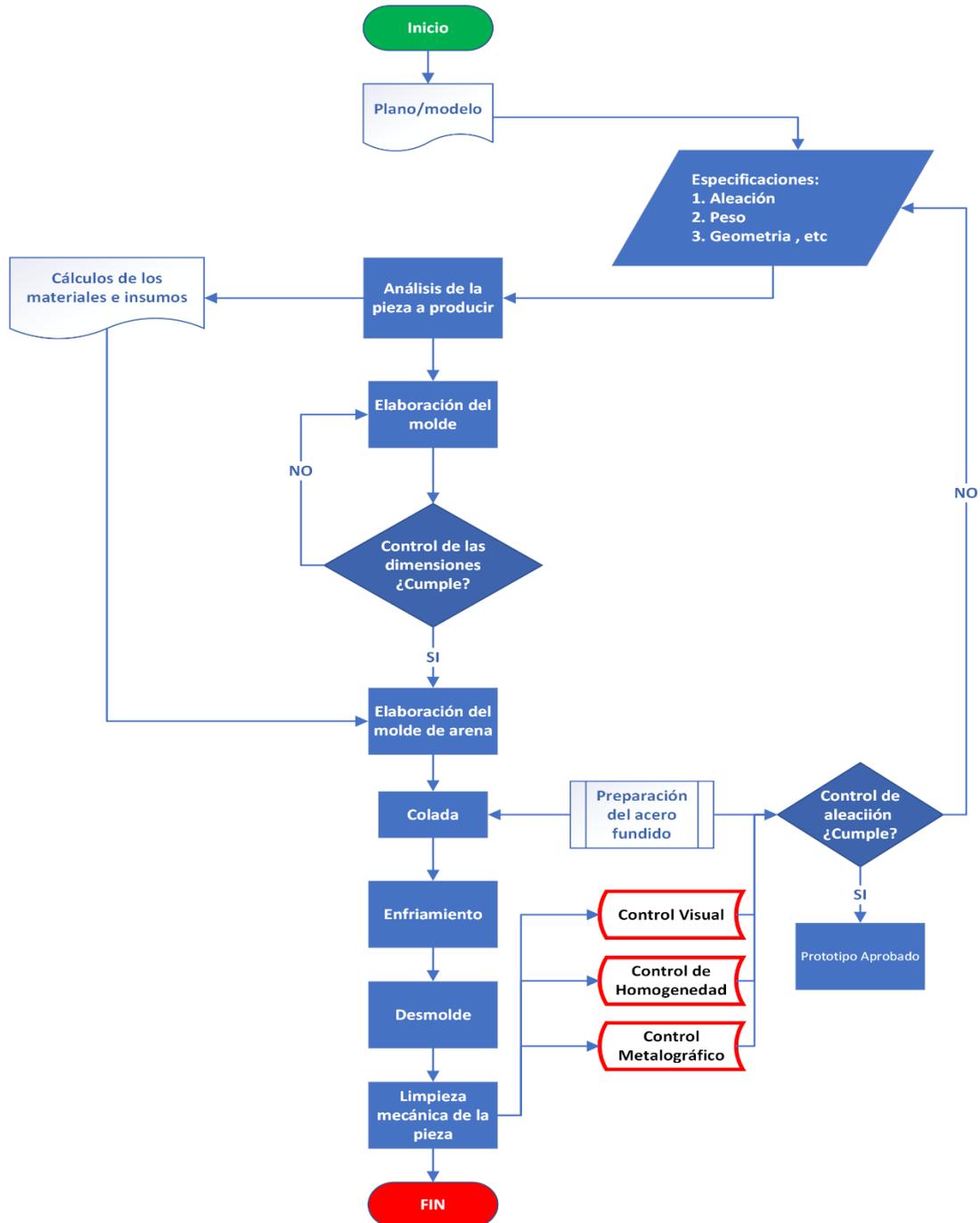
2.2.4.1. Etapa 1. Análisis

En esta etapa se recolecta la mayor información que se pueda acerca de la empresa, datos sobre la capacidad de producción, los productos que se elaboran, hoy en proceso que se realiza para la producción así como también el flujo de los materiales, mano de obra, equipos que requieren la producción, cantidad de equipos y maquinaria, la importancia de cada actividad en el proceso de Modelado y Fundición y su relación entre sí, el espacio que requiere cada actividad para que se desarrolle de forma efectiva. Es necesario tener algunos de los siguientes:

- Diagrama de operaciones
- Diagrama de flujo
- Layout actual
- Diagrama de recorridos

Diagrama de Flujo-FUNDI LASER

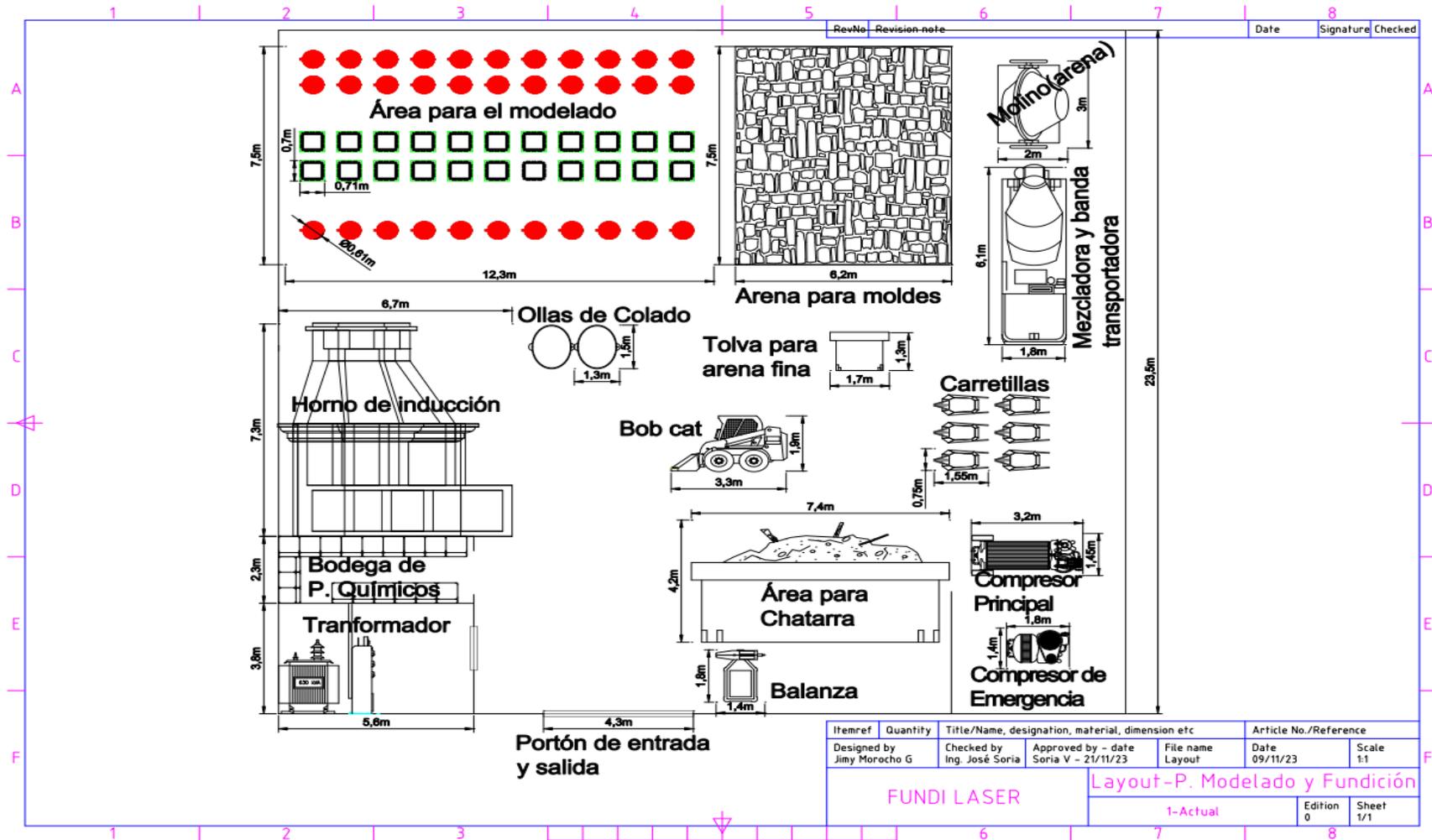
Figura 2. Diagrama de Flujo del proceso de fundición del FUNDI LASER



Nota: Elaboración propia del autor

Layout actual

Figura 3. Layout del proceso de fundición de la empresa FUNDI LASER



Nota: Elaboración propia del autor

- **Materia prima para la fundición.** – la materia prima para la fundición es la chatarra reciclada por las diferentes empresas de la ciudad de Riobamba, las cuales llevan lo reciclado a la empresa FUNDI LASER para que sea comprada, para el pesaje se utiliza una balanza industrial Serie PCE-PM.
- **Materia prima para el modelado.** – la arena es lo fundamental para la elaboración de los moldes las cuales son las siguientes: arena de sílice, bentonita y carbón bituminoso como aditivo. Para realizar esta actividad, los operarios están capacitados para realizar los moldes ya que no es una actividad fácil, sino que una de las partes claves para obtener tapas de alcantarillado de calidad.
- **Fundición.** – para la fundición se utiliza algo muy importante que es la chatarra reciclada, retornos y el horno de inducción eléctrico. En esta parte se adicionan algunos químicos que ayudan a que los metales reciclados y retornos se fundan con rapidez para posteriormente hacer unas pruebas de la cantidad de carbono y sílice contiene la colada antes de ser vertido en los moldes con la ayuda de las ollas de colado, en el caso de que el carbono o sílice no estén en la cantidad requerida, se realizan ajustes en la colada con la adición de químicos.
- **Modelado.** – se utiliza la arena de modelado, una pieza que sirve de modelo y un martillo neumático para formar con mucho cuidado los moldes ya que éste no debe tener imperfecciones que modifiquen la forma de las piezas.

Después de terminado el vertido de la colada en los moldes se deja enfriar las piezas y se envía a área de mecanizado, donde se da el acabado final como pulido y pintado de las piezas de alcantarillado

2.2.4.2. Etapa 2. Búsqueda

En la etapa de búsqueda se van a realizar los cálculos de los espacios existentes, las superficies de las máquinas y equipos, materiales para así una comparación entre el espacio disponible y el espacio requerido entre ellos, se realizarán un diagrama de relación de espacios teniendo en cuenta los factores críticos las limitaciones que se hayan identificado.

Según Cabrera (2022) para iniciar la disposición o distribución en un proceso de fabricación, es necesario entender lo que involucra al proceso de fabricación y contextualizarlo más allá del simple cálculo de superficies estáticas, coeficientes de movimiento y en un sistema de producción es necesario considerar que hay diferentes tipos de movimientos que tienen incidencia directa en la determinación total de la superficie requerida y, por tanto, va a influir en la asignación de los factores y/o los elementos de producción. Existen 7 métodos de relacionar el movimiento propio de un sistema productivo: 1. Mover el material, 2. Mover los hombres, 3. Mover la maquinaria, 4. Mover materiales y hombres, 5. Mover materiales y maquinarias, 6. Mover hombres y maquinarias, 7. Mover material, hombres y maquinaria.

Para la distribución, es indispensable realizar el cálculo de las superficies, las superficies que se calcularán serán las siguientes:

- **Superficie Estática (Ss):** comprende el área en m^2 de las máquinas, equipos, instalaciones.

Ecuación 1. Superficie estática

$$Ss = largo * ancho$$

- **Superficie Gravitacional (Sg):** López (2019) dice que “esta superficie es la que indica el espacio que requiere el trabajador y los equipos alrededor de cada uno de los puestos

de trabajo para las actividades que se desarrollan, esta superficie es el resultado de multiplicar la superficie estática por el número de aristas que se deben utilizar el equipo o maquinaria”. (p. 15)

Ecuación 2. Superficie gravitacional

$$Sg = Ss * N$$

Sg es la superficie gravitacional

Ss es la superficie estática

N es número de lados de trabajo

- **Superficie de Evolución (Se):** según Cabrera (2022) la define como “Es la superficie que hay que reservar entre los puestos de trabajo para desplazamientos de personal y mantenimiento” (p.33), esta superficie se le podría tomar como una distancia de holgura.

Ecuación 3. Superficie de evolución

$$Se = (Ss + Sg) * K$$

Se es la superficie de evolución

Ss es la superficie estática

Sg es la superficie gravitacional

K es la constante que viene definida por el tipo de empresa

Tabla 1. *Coefficiente de la constante K*

Razón de la empresa	K
Gran industria alimenticia	0.05 - 0.15
Trabajo en cadena, transporte mecánico	0.10 – 0.25
Textil-hilado	0.05 – 0.25
Textil-tejido	0,05 – 0.25
Relojería-joyería	0,75 -1.00
Industria mecánica pequeña	1.50 – 2.00
Industria mecánica	2.00 -3.00

Nota: (López, 2019)

Para finalizar el cálculo de las superficies, se necesita hacer una sumatoria total de las mismas, es decir de la superficie estática, superficie gravitacional y superficie de evolución.

Ecuación 4. *Superficie total*

$$ST = Ss + Sg + Se$$

Código de razones

El código de razones es una tabla donde se indica las razones por las cual se realiza la distribución o redistribución de una planta, es decir, se indican las razones o motivos que impulsaron la redistribución de un área de trabajo.

Tabla 2. *Ejemplo de un código de razones*

Código	Razón o Fundamento
1	Flujo de información
2	Peligrosidad, toxicidad y ruido
3	Inspección y control
4	Recorrido de los productos
5	Distancias largas
6	Maquinarias y equipos nuevos
7	Ubicación de los recursos

Nota: (Cabrera, 2022)

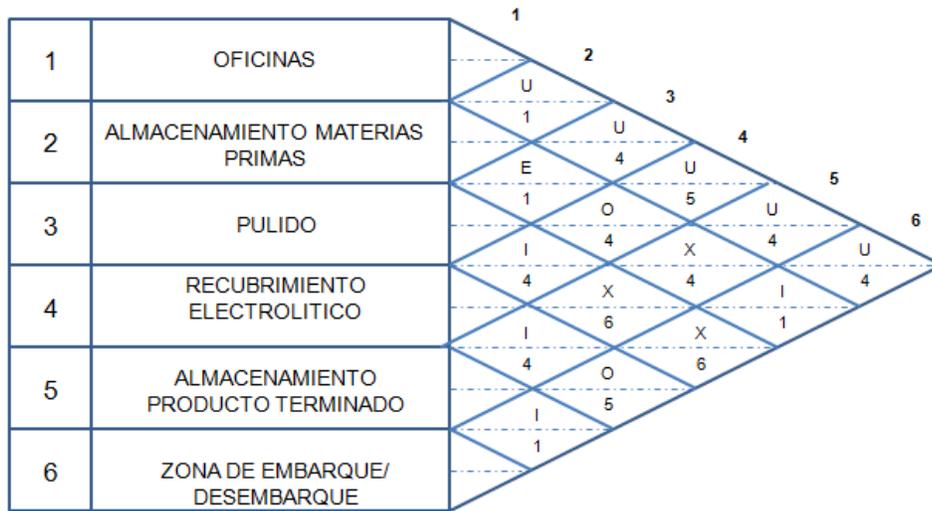
Tabla de Proximidad

Tabla 3. *Tabla de proximidad*

Código	Relación de Proximidad	Código de Línea
A	Absolutamente necesaria	=====
E	Especialmente importante	===== =====
I	Importante	===== =====
O	Importancia ordinaria	=====
U	No importante	
X	Indeseable	-----

Nota: (García N. , 2020)

Figura 4. Modelo Matriz De Relaciones



Nota: (Cabrera, 2022)

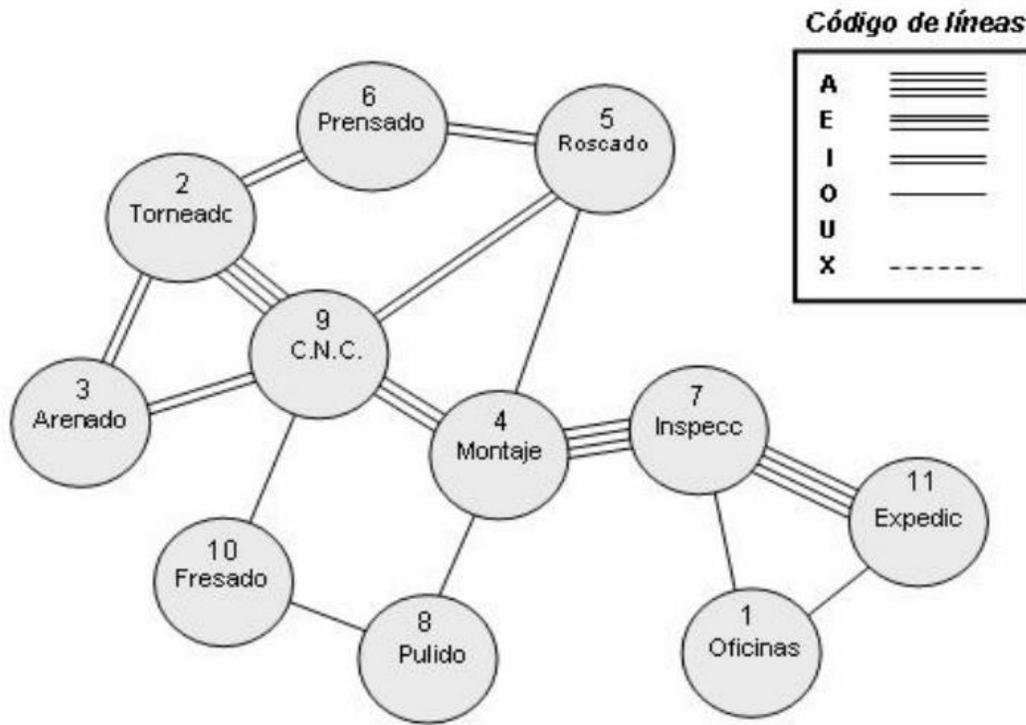
2.2.4.3. Etapa 3. Selección

En esta etapa se va realiza una selección de las propuestas de distribución con base en los criterios y factores más idóneos para así cumplir las metas y objetivos que la empresa se ha establecido para la redistribución o distribución de una planta.

2.2.4.3.1. Desarrollo del diagrama relacional de actividades

Según Ramírez (2013) un diagrama relacional de actividades “Es un gráfico en el cual las actividades están expuestas por nodos conectados por líneas. Este último representa la fuerza de la relación (A, E, I, O, U, X) entre cada una de las actividades vinculadas desde el código de líneas” (p.16), de esta manera se puede dar a entender la importancia de relacionar una actividad con otra.

Figura 5. Ejemplo De Diagrama Relación al De Actividades



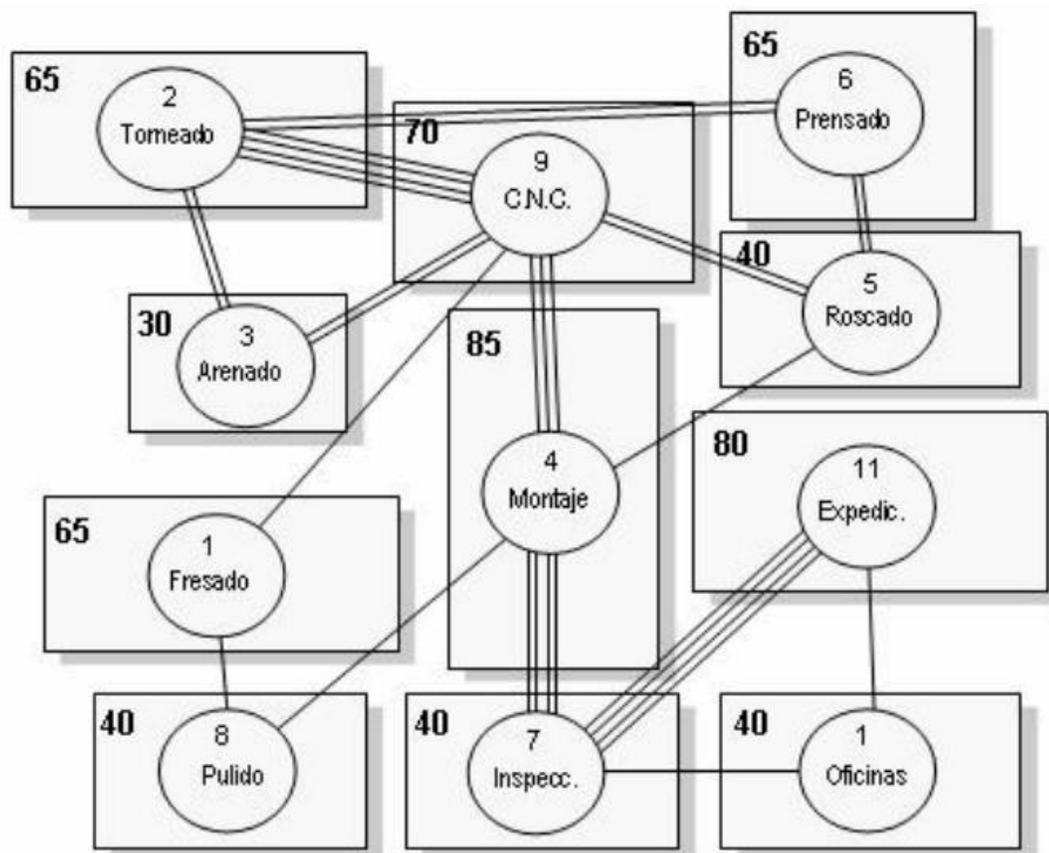
Nota: (Ramírez, 2013)

El diagrama es ajustado mediante la prueba y error y debe realizarse de forma que minimice al máximo el número de intersecciones entre las líneas que representan las relaciones entre las actividades o al menos entre líneas que representan una mayor intensidad de relación. Se trata de realizar una distribución y/o redistribución en la que las operaciones con mayores flujos de materiales se encuentren lo más cerca posible (respetando el principio de distancia mínima recorrida) y donde se realicen actividades similares. para materiales a procesar, fabricar o ensamblar (principios de circulación o flujo de materiales) (Ramírez, 2013).

2.2.4.3.2. Desarrollo del Diagrama Relacional de Espacios

El Diagrama Relacional de Espacios es similar al Diagrama Relacional de Actividades presentado previamente, con la particularidad de que en este caso los símbolos distintivos de cada actividad son representados a escala, de forma que el tamaño que ocupa cada uno sea proporcional al área necesaria para el desarrollo de la actividad (Ramírez, 2013).

Figura 6. *Diagrama Relacional De Espacios*



Nota: (Ramírez, 2013).

2.2.4.3.3. Presentación y selección de la propuesta y elaboración del Layout

En este punto se evalúa Las propuestas de los diferentes diagramas relacionales de espacios que nos permita alcanzar las metas y objetivos propuestos para la nueva distribución de la planta o el espacio de trabajo.

CAPÍTULO III. METODOLOGIA.

3.1. Tipo de Investigación.

Este trabajo de investigación es de tipo descriptivo, debido a que no se va a manipular las variables, sino que nos enfocaremos en describir los problemas, identificar el ¿por qué? de los problemas presentes y como solucionarlos o presentar una propuesta de solución.

3.2. Diseño de Investigación

Es una investigación no experimental debido a que no cuenta con una variable dependiente ni hipótesis.

3.3. Técnicas de recolección de Datos

Se utilizarán 2 técnicas para la recolección de los datos:

- **Investigación bibliográfica documental:** Análisis de contenido
- **Investigación de campo:** Observación, medición de los recursos, materiales y personal del área de Modelado y Fundición.

Técnicas de investigación bibliográfica documental para la recolección de datos.

Análisis de contenido: esta técnica nos permite obtener datos o información necesaria en sitios web, libros, y demás documentos para aportar al entendimiento, elaboración y ejecución de esta tesis.

Técnicas de investigación de campo para la recolección de datos.

Observación: la observación es una herramienta utilizada por los investigadores con el fin de obtener datos del objeto de estudio mediante el sentido de la vista, en mi caso mediante esta herramienta podremos determinar cuánto produce la empresa FUNDI LASER como también podremos determinar la realidad de la distribución de la planta.

Medición: es la herramienta más utilizada para la obtención de datos los cuales van a ser de gran importancia y parte fundamental para los cálculos de las superficies aplicadas en el método de Richar Muther y obtener el Layout de la planta.

3.4. Población de estudio y tamaño de muestra

Debido a que el tamaño o universo a estudio son los 12 trabajadores del área de Modelado y Fundición, se toma a todos ellos como la muestra para este trabajo de investigación.

3.5. Hipótesis

El presente tema de investigación no contiene una hipótesis

3.6. Métodos de análisis, y procesamiento de datos.

Para procesar los datos obtenidos en las visitas de campo a la empresa FUNDI LASER se va a aplicar el método de SLP de Richar Muter, con esto buscado obtener la correcta distribución de las máquinas y equipos, materiales e insumos, etc. de la empresa para optimizar el espacio y el tiempo de producción.

También se interactuará con el personal para obtener datos más concretos respecto a los inconvenientes que se han venido acarreado con el pasar del tiempo. Finalmente se procederá a establecer los puntos más importantes del problema, para así tener una guía de cómo brindar soluciones efectivas.

3.7. Desarrollo del proyecto de investigación

Vamos a iniciar con la identificación de las sub-áreas de todos los equipos de la empresa FUNDI LASER:

- Sub-área de la mezcladora con banda transportadora
- Sub-área de materia prima para los moldes (arena)

- Sub-área del modelado
- Sub-área de la olla de colado
- Sub-área de las carretillas
- Sub-área del compresor 2 alterno o de emergencia,
- Sub-área para el compresor 1 neumático
- Sub-área para el molino y mezclado de la arena fina
- Sub-área de la tolva para la arena fina
- Sub-área de chatarra
- Sub-área de la balanza
- Sub-área del horno de inducción
- Sub-área del Bobcat

3.7.1. Cálculo de superficie

Para efectuar una distribución o redistribución de elementos en una planta, primero corresponde hacer el cálculo de las superficies. Este es un método de cálculo para cada elemento a distribuir resulta en la superficie total necesaria, y se calcula como la suma de las tres superficies parciales que incluyen la superficie estática (S_s), superficie de gravitación (S_g) y la superficie de Evolución o movimiento.

3.7.1.1. Cálculo de la superficie estática

Según Salazar (2019) la superficie estática es el espacio físico que existe disponible para los muebles, máquinas e instalaciones de un espacio existente.

$$S_s = \text{largo} * \text{ancho}$$

- **Sub-área de la mezcladora con banda transportadora**

$$S_s = \text{largo} * \text{ancho}$$

$$Ss = 6.1m * 1.8m = 10.98 m^2$$

- **Sub-área de materia prima para los moldes (arena)**

$$Ss = largo * ancho$$

$$Ss = 6.2 m * 7.5 m = 46.5m^2$$

- **Sub-área del modelado**

$$Ss = largo * ancho$$

$$Ss = 12.3 m * 7.5 m = 92.25m^2$$

- **Sub-área de la olla de colado**

$$Ss = largo * ancho$$

$$Ss = 2.6 m * 1.5 m = 3.9m^2$$

- **Sub-área de las carretillas (6)**

$$Ss = largo * ancho$$

$$Ss = 1.55 m * 0.75 m = 1.16m^2$$

- **Sub-área del compresor 2 alterno o de emergencia**

$$Ss = largo * ancho$$

$$Ss = 1.8 m * 1.4 m = 2.52m^2$$

- **Sub-área para el compresor 1 neumático**

$$Ss = largo * ancho$$

$$Ss = 1.45 m * 3.2 m = 4.64m^2$$

- **Sub-área para el molino y mezclado de la arena fina**

$$Ss = largo * ancho$$

$$Ss = 3 m * 2 m = 6m^2$$

- **Sub-área de la tolva para la arena fina**

$$Ss = \text{largo} * \text{ancho}$$

$$Ss = 1.7 \text{ m} * 1.3 \text{ m} = \mathbf{2.21m^2}$$

- **Sub-área de chatarra**

$$Ss = \text{largo} * \text{ancho}$$

$$Ss = 7.4 \text{ m} * 4.2 \text{ m} = \mathbf{31.08m^2}$$

- **Sub-área de la balanza**

$$Ss = \text{largo} * \text{ancho}$$

$$Ss = 1.8 \text{ m} * 1.4 \text{ m} = \mathbf{2.52m^2}$$

- **Sub-área del horno de inducción**

$$Ss = \text{largo} * \text{ancho}$$

$$Ss = 7.3 \text{ m} * 6.7 \text{ m} = \mathbf{48.91m^2}$$

- **Sub-área del Bobcat**

$$Ss = \text{largo} * \text{ancho}$$

$$Ss = 1.7 \text{ m} * 1.5 \text{ m} = \mathbf{2.55m^2}$$

- **Sub-área de Bodega de productos químicos**

$$Ss = \text{largo} * \text{ancho}$$

$$Ss = 5.6 \text{ m} * 2.3 \text{ m} = \mathbf{12.88m^2}$$

- **Sub-área de Alto Voltaje (transformador)**

$$Ss = \text{largo} * \text{ancho}$$

$$Ss = 5.6 \text{ m} * 3.8 \text{ m} = \mathbf{21.28m^2}$$

3.7.1.2. Cálculo de la superficie gravitación

La superficie gravitacional es, según Suica (2015) “la superficie utilizada por el obrero y por la materia acopiada para las operaciones de los puestos de trabajo” (p.5), es decir, es el espacio que se requiere para operar.

$$Sg = Ss * \text{número de lados operables (n)}$$

- **Sub-área de la mezcladora con banda transportadora**

$$Sg = Ss * n$$

$$Sg = 10.98m^2 * 3 = 32.94m^2$$

- **Sub-área de materia prima para los moldes (arena)**

$$Sg = Ss * n$$

$$Sg = 46.5m^2 * 2 = 93m^2$$

- **Sub-área del modelado**

$$Sg = Ss * n$$

$$Sg = 92.25m^2 * 2 = 184.5m^2$$

- **Sub-área de la olla de colado**

$$Sg = Ss * n$$

$$Sg = 3.9m^2 * 3 = 11.7m^2$$

- **Sub-área de las carretillas (6)**

$$Sg = Ss * n$$

$$Sg = 1.16m^2 * 4 = 4.64m^2$$

- **Sub-área del compresor 2 alterno o de emergencia**

$$Sg = Ss * n$$

$$Sg = 2.52m^2 * 2 = 5.04m^2$$

- **Sub-área para el compresor 1 neumático**

$$Sg = Ss * n$$

$$Sg = 4.64m^2 * 2 = 9.28m^2$$

- **Sub-área para el molino y mezclado de la arena fina**

$$Sg = Ss * n$$

$$Sg = 6m^2 * 3 = 18m^2$$

- **Sub-área de la tolva para la arena fina**

$$Sg = Ss * n$$

$$Sg = 2.21m^2 * 3 = 6.63m^2$$

- **Sub-área de chatarra**

$$Sg = Ss * n$$

$$Sg = 31.08m^2 * 2 = 62.16m^2$$

- **Sub-área de la balanza**

$$Sg = Ss * n$$

$$Sg = 2.52m^2 * 3 = 7.56m^2$$

- **Sub-área del horno de inducción**

$$Sg = Ss * n$$

$$Sg = 48.91m^2 * 2 = 97.82m^2$$

- **Sub-área del Bobcat**

$$Sg = Ss * n$$

$$Sg = 2.55m^2 * 1 = 2.55m^2$$

- **Sub-área de Bodega de productos químicos**

$$Sg = Ss * n$$

$$Sg = 12.88m^2 * 1 = 12.88m^2$$

- **Sub-área de Alto Voltaje (transformador)**

$$Sg = Ss * n$$

$$Sg = 21.28m^2 * 1 = 21.28m^2$$

3.7.1.3. Cálculo de la superficie de evolución o movimiento

La superficie de evolución es, según Bastidas & Aguirre (2020) “es el espacio necesario para el correcto flujo entre los puestos de trabajo de personas, equipo y medios de transporte” (p.20), esta superficie involucra a todos los elementos del proceso productivo.

$$Se = (Ss + Sg) * k$$

Debido a que el valor del coeficiente de K no se encuentra en la tabla 1, se aplica la siguiente fórmula para saber si valor de K:

Ecuación 5. Coeficiente K

$$k = \frac{APO}{2 * CME}$$

Donde:

APO= altura promedio de los operarios

CME= cota media de los equipos o maquinaria

Tabla 4. *Altura de los elementos y operarios del área de fundición de la Empresa FUNDI*

LASER

Equipos y máquinas	Altura	Operarios	Altura
Mezcladora con banda transportadora	2.65m	Operario 1	1.60m
Materia prima para los moldes (arena)	1.65m	Operario 2	1.76m
Modelado (moldes)	0.5m	Operario 3	1.75m
Compresor 2 alterno o de emergencia	2m	Operario 4	1.75m
Compresor 1 neumático	1.2m	Operario 5	1.86m
Molino y mezclador	2.65m	Operario 6	1.67m
Tolva para la arena fina	2.25m	Operario 7	1.68m
Área para chatarra	1.5m	Operario 8	1.70m
Balanza	1.95m	Operario 9	1.73m
Horno de inducción	5m	Operario 10	1.70m
Bodega de productos químicos	2m	Operario 11	1.66m
Alto Voltaje (transformador)	2m	Operario 12	1.70m
Olla de colado	2.3m		
Carretillas * 6	0.8m		
Bobcat	2.2m		
Altura promedio	2.04m	Altura promedio	1.71m

Nota: elaboración propia del autor

Cálculo del coeficiente “K”

$$k = \frac{APO}{2 * CME}$$

$$K = \frac{1.71m}{2 * 2.04m} = \frac{1.71}{4.08} = 0.42$$

- **Sub-área de la mezcladora con banda transportadora**

$$Se = (Ss + Sg) * k$$

$$Se = (10.98m^2 + 32.94m^2) * 0.42$$

$$Se = 18.45m^2$$

- **Sub-área de materia prima para los moldes (arena)**

$$Se = (Ss + Sg) * k$$

$$Se = (46.5m^2 + 93m^2) * 0.42$$

$$Se = 58.59m^2$$

- **Sub-área del modelado**

$$Se = (46.5^2 + Sg) * k$$

$$Se = (92.25m^2 + 184.5m^2) * 0.42$$

$$Se = 116.24m^2$$

- **Sub-área de la olla de colado**

$$Se = (Ss + Sg) * k$$

$$Se = (3.9m^2 + 11.7m^2) * 0.42$$

$$Se = 6.6m^2$$

- **Sub-área de las carretillas (6)**

$$Se = (Ss + Sg) * k$$

$$Se = (1.16m^2 + 4.64m^2) * 0.42$$

$$Se = 2.44m^2 * 6 = 14.64m^2$$

- **Sub-área del compresor 2 alterno o de emergencia**

$$Se = (Ss + Sg) * k$$

$$Se = (2.52m^2 + 5.04m^2) * 0.42$$

$$Se = 3.18m^2$$

- **Sub-área para el compresor 1 neumático**

$$Se = (Ss + Sg) * k$$

$$Se = (4.64m^2 + 9.28m^2) * 0.42$$

$$Se = 5.85m^2$$

- **Sub-área para el molino y mezclado de la arena fina**

$$Se = (Ss + Sg) * k$$

$$Se = (6m^2 + 18m^2) * 0.42$$

$$Se = 10.08m^2$$

- **Sub-área de la tolva para la arena fina**

$$Se = (Ss + Sg) * k$$

$$Se = (2.21m^2 + 6.63m^2) * 0.42$$

$$Se = 3.71m^2$$

- **Sub-área de chatarra**

$$Se = (Ss + Sg) * k$$

$$Se = (31.08m^2 + 62.16m^2) * 0.42$$

$$Se = 39.16m^2$$

- **Sub-área de la balanza**

$$Se = (Ss + Sg) * k$$

$$Se = (2.52m^2 + 7.56m^2) * 0.42$$

$$Se = 4.23m^2$$

- **Sub-área del horno de inducción**

$$Se = (Ss + Sg) * k$$

$$Se = (48.91m^2 + 97.82m^2) * 0.42$$

$$Se = 61.63m^2$$

- **Sub-área del Bobcat**

$$Se = (Ss + Sg) * k$$

$$Se = (2.55m^2 + 2.55m^2) * 0.42$$

$$Se = 2.14m^2$$

- **Sub-área de Bodega de productos químicos**

$$Se = (Ss + Sg) * k$$

$$Se = (12.88m^2 + 12.88m^2) * 0.42$$

$$Se = 10.81m^2$$

- **Sub-área de Alto Voltaje (transformador)**

$$Se = (Ss + Sg) * k$$

$$Se = (21.28m^2 + 21.28m^2) * 0.42$$

$$Se = 17.88m^2$$

3.7.2. Identificación de las áreas, departamentos o actividades

- Sub-área de la mezcladora con banda transportadora
- Sub-área de materia prima para los moldes (arena)
- Sub-área del modelado
- Sub-área de la olla de colado
- Sub-área de las carretillas (6)

- Sub-área del compresor 2 alterno o de emergencia
- Sub-área para el compresor 1 neumático
- Sub-área para el molino y mezclado de la arena fina
- Sub-área de la tolva para la arena fina
- Sub-área de chatarra
- Sub-área de la balanza
- Sub-área del horno de inducción
- Sub-área del Bobcat
- Sub-área de Bodega de productos químicos
- Sub-área de Alto Voltaje (transformador)

Para la redistribución del área de Fundición de FUNDI LASER contamos con 15 sub-áreas tomadas en cuenta para la producción las cuales van a ser calificadas con un rango de 1 a 4 según el código de razones para cada actividad en relación a otra, también se determinará la importancia de la proximidad de una actividad con otra según la tabla de relación de actividades donde podemos encontrar que **A** indica una importancia máxima de que una actividad este junto a otra denominándola **Absolutamente Necesaria** como también se puede identificar con una letra **X** si no es muy importante que una actividad vaya próxima a otra, denominándola como **Indeseable**. Todo esto se puede encontrar en la Matriz de relación de actividades.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para presentar la interpretación de los resultados de la empresa FUNDI LASER Se utilizaron y aplicaron las diferentes técnicas como la observación, toma de datos, etc., y se generaron 3 posibles alternativas para la ubicación de las máquinas y equipos existentes en FUNDI LÁSER en las cuales se puede ver la relación que existe entre las 15 actividades que se desarrollan para producir tapas redondas de alcantarilla que se producen en la empresa.

4.1 Análisis de la distribución actual

El Layout actual de la empresa tiene una dimensión de 12 m de ancho por 24,30 m de largo, dando un área total de $291,60 m^2$ lo cual presento de forma paulatina una necesidad de ampliar el área de fundición, ya que la producción aumento y se identificó choques entre las líneas de producción (las actividades de producción) derribando esto en largos tiempos en cada subactividad lo cual impide que la empresa trabaje de forma óptima. A esto se le vio la necesidad de hacer una ampliación del área, ahora contando con $571,05 m^2$ la empresa decidió hacer una redistribución de los equipos que existen en el are de fundición para aprovechar la nueva área con la que cuenta.

4.2 Propuesta de Layout

Para generar una propuesta de la ubicación de las máquinas/equipos, primero se realizó los cálculos del espacio o área que necesita cada equipo, tomando en cuenta el número de lados por el que se puede operar la máquina/equipo al igual que se incluye una constante “K” que indica el tipo de empresa.

Tabla 5. *Tabla generar de espacio requerido*

Maquinaria/equipo	Ss (m²)	N	Sg (m²)	Se (m²)
Mezcladora con banda transportadora	10.98	3	32.94	18.45
Materia prima para los moldes (arena)	46.5	2	93	58.59
Modelado (moldes)	92.25	2	184.5	116.24
Compresor 2 alterno o de emergencia	2.52	2	5.04	3.18
Compresor 1 neumático	4.64	2	9.28	5.85
Molino y mezclador	6	3	18	10.08
Tolva para la arena fina	2.21	3	6.63	3.71
Área para chatarra	31.08	2	62.16	39.16
Balanza	2.52	3	7.56	4.23
Horno de inducción	48.91	2	97.82	61.63
Bodega de productos químicos	12.88	1	12.88	10.81
Alto Voltaje (transformador)	21.28	1	21.28	17.88
Olla de colado	3.9	3	11.7	6.6
Carretillas * 6	1.16	4	4.64	14.64
Bobcat	2.55	1	2.55	2.14

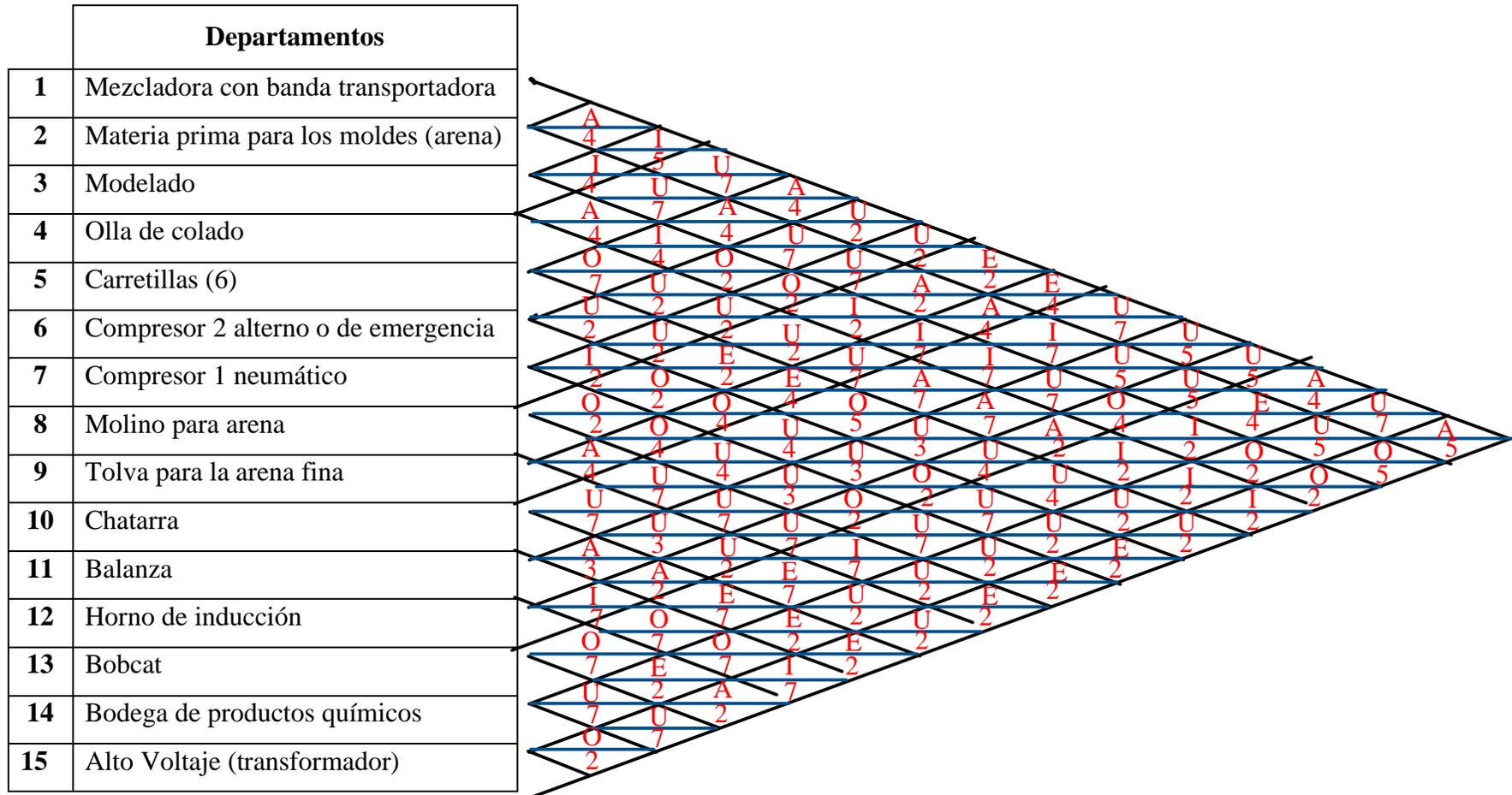
Nota: Elaboración propia del autor. Ss = Superficie Estática, N = número de lados, Sg = Superficie Gravitacional, Se = Superficie de Evolución.

Posterior al cálculo de las áreas en metros cuadrados, se realiza la relación de actividades a través de una matriz triangular, donde con las vocales referenciamos la importancia de relación entre una actividad y otra.

También se valora a la relación de actividades con un número de 1 a 7, donde 1 nos indica que entre esa relación se da un flujo de información, 2 indica la peligrosidad, toxicidad y el ruido, 3 presenta la relación de inspección y control, 4 muestra un recorrido de los productos, 5 indica una distancia larga entre las actividades, 6 cuando existen maquinarias y equipos nuevos y 7 cuando existe la ubicación inadecuada de los recursos.

4.2.1 Diagrama relacional de las áreas, departamentos o actividades

Figura 7. Matriz de relación de actividades



Nota: elaboración propia del autor. Para dar los valores numéricos y de letras nos apoyamos de la **Tabla 2**.

Ejemplo de un código de razones

4.3 Generación de Propuestas

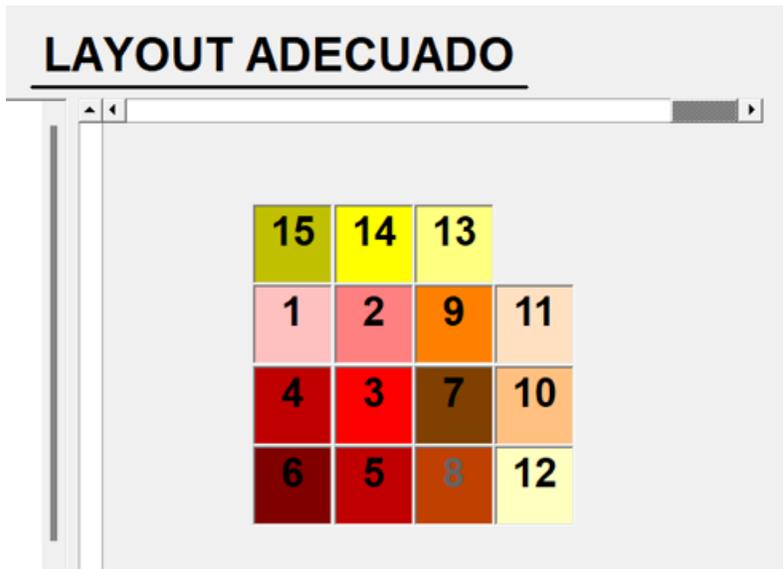
Elaboración del diagrama relacional de actividades

Para obtener la propuesta de un orden adecuado de la ubicación de las maquinas y equipos del área de fundición de la empresa FUNDI LASER, se utilizó un programa llamado CORELAP, el cual funciona y distribuye el espacio físico basándose en el espacio necesario por cada equipo o maquinaria, toma en cuenta la importancia que existe entre cada actividad que se desarrolla en este proceso de fundición.

CORELAP es un programa que ayuda a los ingenieros en la distribución del espacio físico que existe basándose en las relaciones existentes entre las actividades que se desarrollen en un área específica con el fin de que las actividades más frecuentes estén más cerca la una de la otra. Las relaciones de cercanía son de suma importancia para distribuir o redistribuir una planta, ya que nos ayuda a definir la conveniencia de ubicar pares de operaciones o departamentos cercanos entre sí.

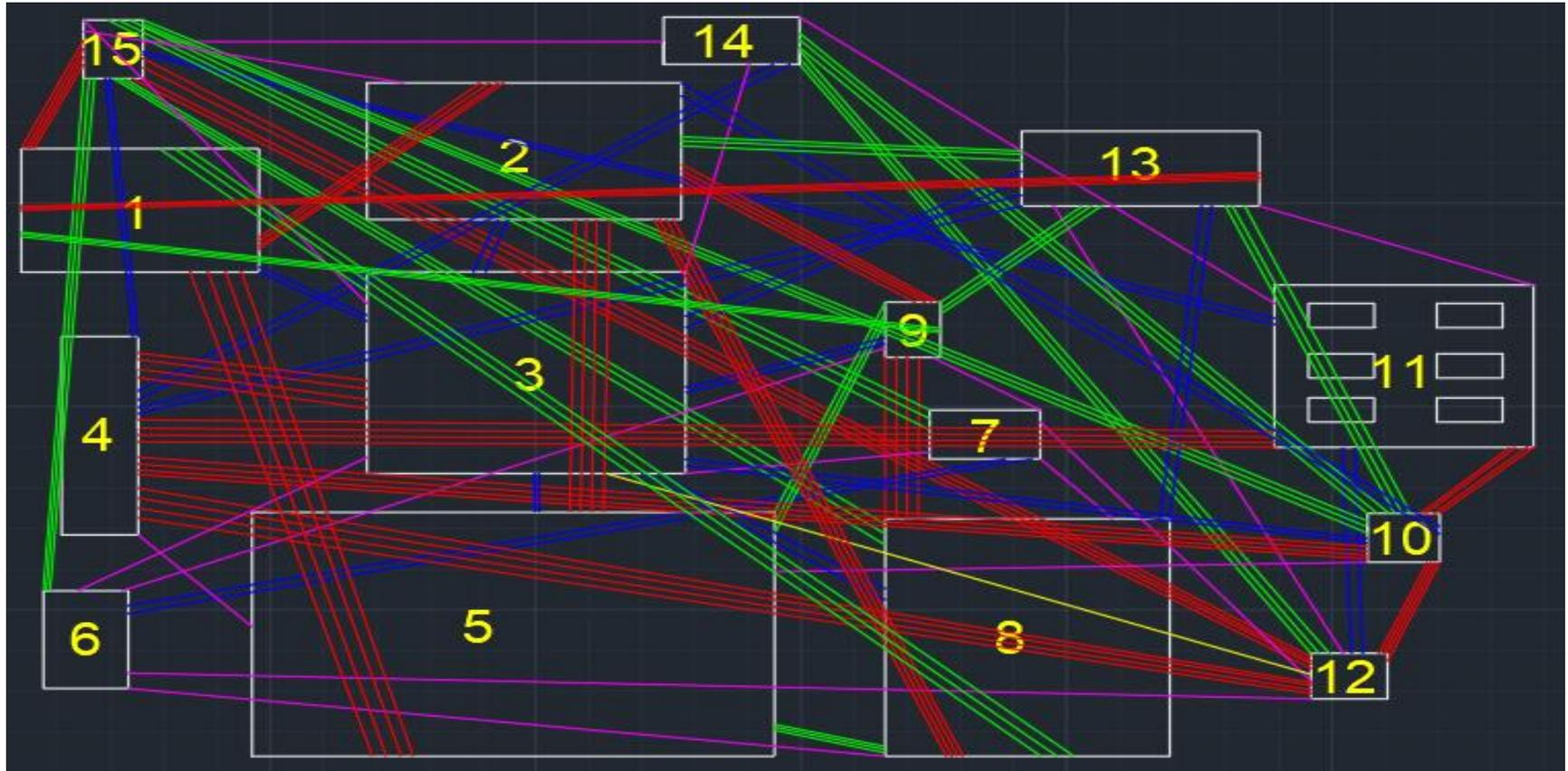
Después de realizar los cálculos y la relación de actividades, se introduce los datos a un programa llamado Corelap y este a su vez arroja los departamentos o actividades en un orden adecuado donde toma en cuenta la importancia entre cada actividad. Ya nomas quedan graficar este orden de actividades en un programa que permita graficar, ya sea Auto CAD, Lucid chart, Visio, etc.

Figura 8. *Layout adecuado-Corelap*



Nota: Elaboración propia del autor.

Figura 9 Diagrama relacional de actividades. Propuesta 1

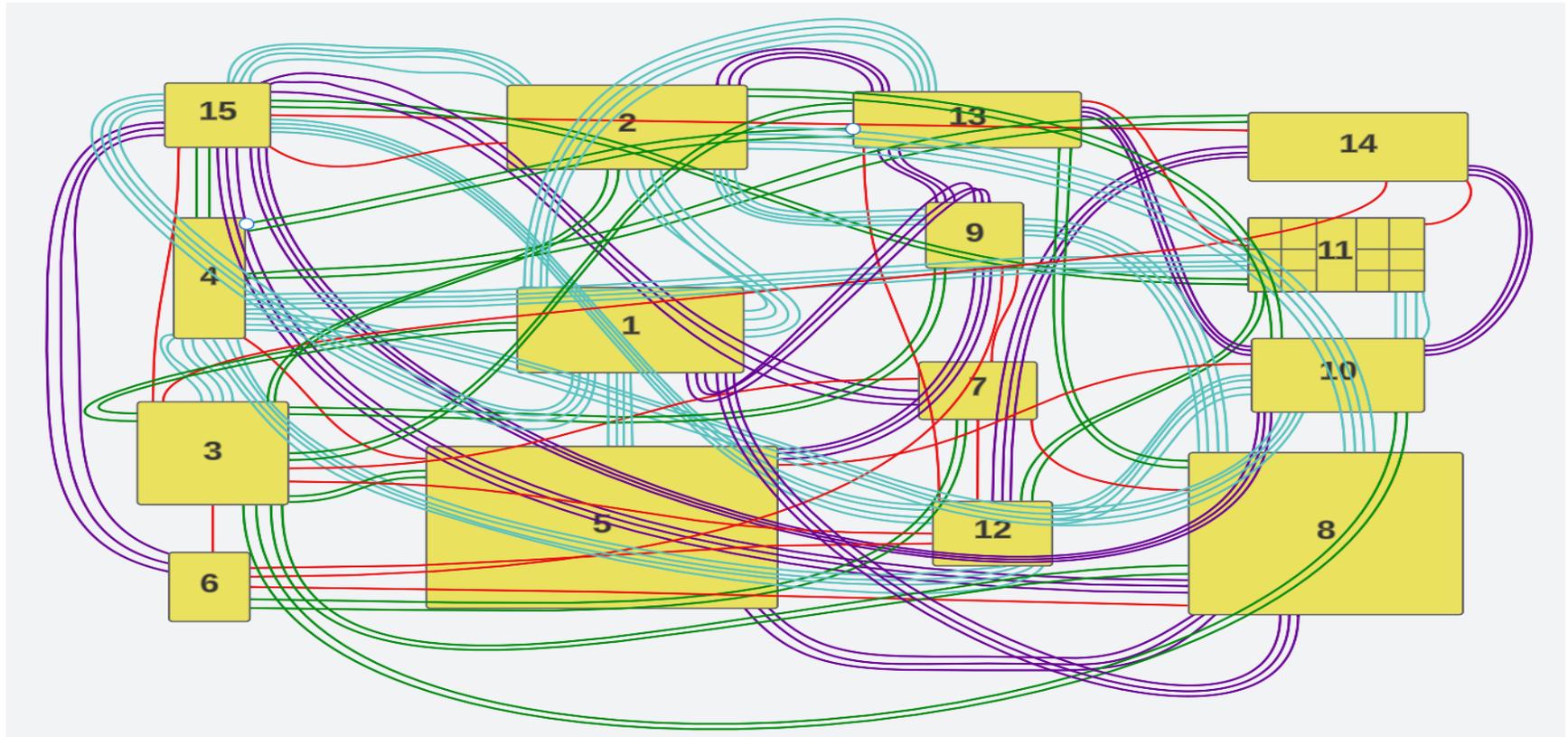


Nota: elaboración propia del autor, programa Auto CAD. 1. Alto Voltaje (transformador), 2. Chatarra, 3. Materia prima para los moldes (arena), 4. Mezcladora con banda transportadora, 5. Modelado, 6. Molino para arena, 7. Olla de colado, 8. Horno de inducción, 9. Tolva para la arena fina, 10. Bobcat, 11. Carretillas (6), 12. Balanza, 13. Bodega de productos químicos, 14. Compresor 1 neumático, 15. Compresor 2 alterno o de emergencia.

En la propuesta 1 se puede ver una distribución con las siguientes características;

- Más equilibrado referente al flujo de trabajo.
- Evita la acumulación de las actividades en un lugar específico, evitando así los conocidos cuellos de botella.
- Se puede ver una relación más adecuada de los equipos ya que dependiendo de la importancia de la actividad contigua se distribuyen los equipos.
- Permite que el Jefe de Producción pueda visualizar de mejor manera todo el proceso productivo.
- Evita los movimientos innecesarios de los operarios.

Figura 10 Diagrama relacional de actividades. Propuesta 2

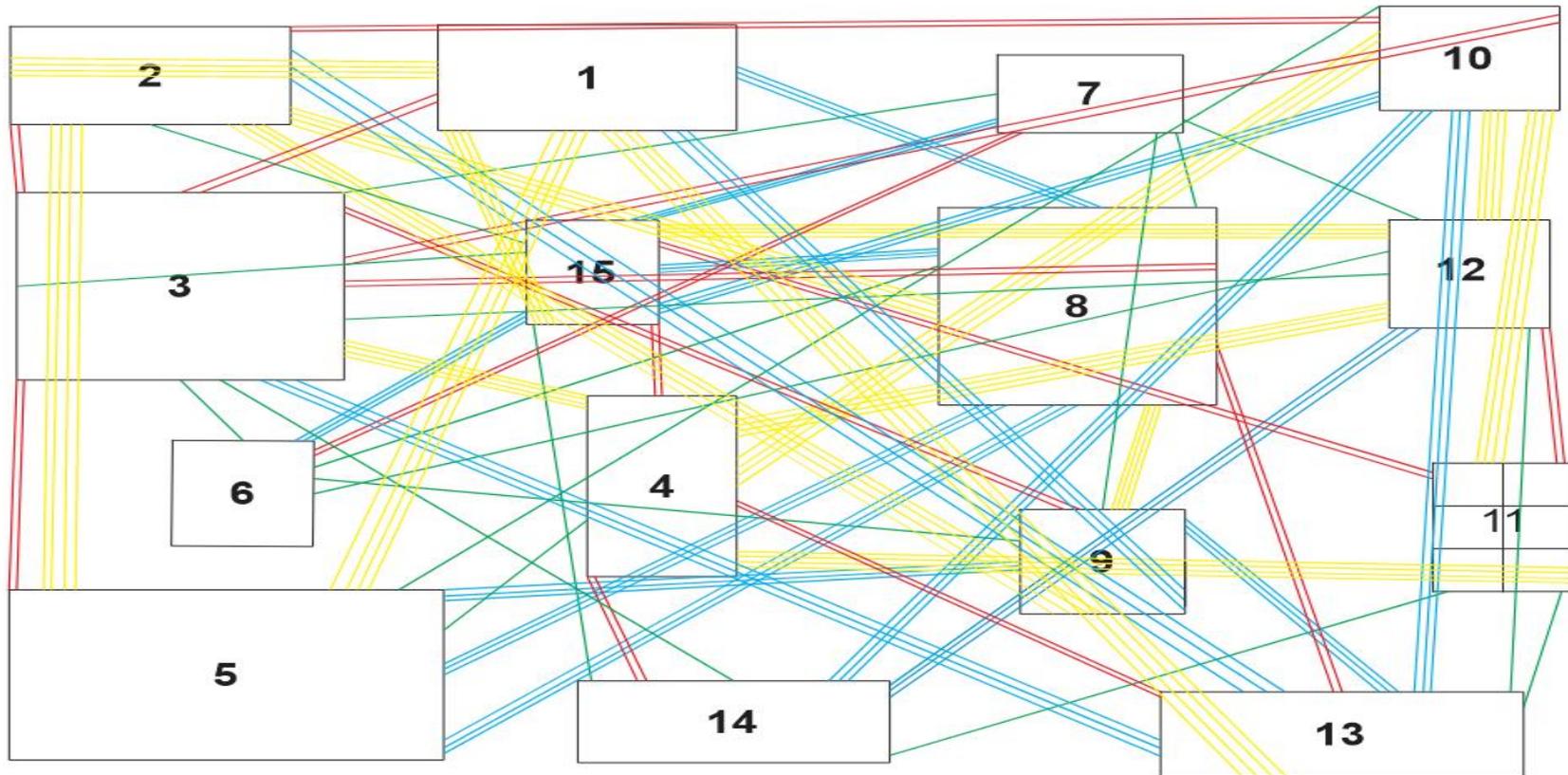


Nota: elaboración propia del autor, programa Lucidchart. 1. Alto Voltaje (transformador), 2. Chatarra, 3. Materia prima para los moldes (arena), 4. Mezcladora con banda transportadora, 5. Modelado, 6. Molino para arena, 7. Olla de colado, 8. Horno de inducción, 9. Tolva para la arena fina, 10. Bobcat, 11. Carretillas (6), 12. Balanza, 13. Bodega de productos químicos, 14. Compresor 1 neumático, 15. Compresor 2 alterno o de emergencia.

En la propuesta 2 se puede ver una distribución con las siguientes características:

- El transformador se ubica en el centro del área de trabajo, lo cual es un riesgo para la seguridad de los trabajadores.
- No existe la relación adecuada entre las actividades debido a que algunos equipos no están ubicados en función a la secuencia del proceso productivo.
- Al analizar la distribución se identifica que existen excesivos movimientos que deben hacer los operadores debido a que la ubicación de los equipos no sigue la secuencia del proceso.
- No existe un adecuado flujo del trabajo.

Figura 11 Diagrama relacional de actividades. Propuesta 3



Nota: elaboración propia del autor, programa Corel DERAW. 1. Alto Voltaje (transformador), 2. Chatarra, 3. Materia prima para los moldes (arena), 4. Mezcladora con banda transportadora, 5. Modelado, 6. Molino para arena, 7. Olla de colado, 8. Horno de inducción, 9. Tolva para la arena fina, 10. Bobcat, 11. Carretillas (6), 12. Balanza, 13. Bodega de productos químicos, 14. Compresor 1 neumático, 15. Compresor 2 alterno o de emergencia.

En la propuesta 3 se puede ver una distribución con las siguientes características:

- En esta distribución no se puede identificar adecuadamente el proceso debido a que el horno impide la visualización de las actividades que se desarrollan en el lado derecho del área de Modelado y Fundición.
- Algunas de las actividades no siguen el proceso y los equipos se encuentran distantes de acuerdo con la necesidad y relación el uno del otro.
- El flujo de trabajo se encuentra obstaculizado y genera movimientos largos e innecesarios en varios puestos de trabajo.

4.4 Selección de la propuesta

Para elegir y determinar la mejor opción de Layout vamos a realizar una tabla en donde se encuentren las características de un buen Layout y por descarte vemos cuál de todas las opciones de Layout propuestas cumple con el mayor número de características indicadas:

Tabla 6. *Características de un buen Layout*

Características de un Buen Layout	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Actual
Posibilidad de reubicaciones constantes según estacionalidad	✓	✓	✓	✓
Visibilidad del proceso productivo	✓	✓	✗	✗
Facilidad en entradas y salidas de productos y/o insumos	✓	✓	✓	✓
Optimizar los movimientos de personas y mercancías	✓	✗	✗	✗
Que los puestos de trabajo que se relacionen estén cerca	✓	✗	✓	✗
Crear un flujo continuo y ágil de materiales	✓	✗	✗	✗
Posibilitar la adaptación sencilla a los cambios	✗	✓	✗	✓
Mejor aprovechamiento del espacio.	✓	✗	✓	✗
Garantizar la seguridad de los trabajadores	✓	✓	✓	✗

Nota: Elaboración propia del autor. Se realizó la selección del mejor Layout mediante el cumplimiento de algunas características

Se considera que la propuesta más adecuada para el área de modelado y fundición de la empresa FUNDI LASER es la **Propuesta 1** debido a que distribuye de manera equitativa el recorrido del producto, se puede apreciar en las líneas gráficas entre cada actividad, es decir que no existe mayor flujo de recorrido en un punto en específico, sino más bien en toda el área se distribuye el recorrido del trabajo.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

1. La distribución en planta es la integración de todas las maquinarias materiales Recursos Humanos e instalaciones de la empresa en una gran unidad operativa la cual trabaja juntamente con efectividad y buscando minimizar los costos de producción para elevar al máximo la productividad en el área de modelado y fundición de la empresa FUNDI LASER, este proceso inicia con la entrada de la chatarra como materia prima y el arena para los moldes, la chatarra va a ser pesada para luego colocar en el horno y así convertirla en colada, mientras se produce la colada los obreros alistan los moldes para poder verter la colada, se deja enfriar la colada por un aproximado de 50 minutos para poder proceder a desmolar y mandar las tapas de alcantarilla a mecánica; allí se realiza el pulido y pintado de las piezas metálicas.
2. Para la adecuada planeación y diseño de la redistribución se requiere conocer e identificar el recorrido de todo el proceso del área de modelado y fundición de la empresa FUNDI LASER para entender la distribución de la planta y la ubicación de la maquinaria y equipos buscando la eficiencia en el uso del espacio físico o el área en el que se desarrolla la actividad productiva teniendo en cuenta en costo-beneficio en el manejo de los materiales como materia prima, insumos que se requieren en la actividad productiva.
3. Para ejecutar las fases de la distribución se valoró el espacio que necesitan las máquinas, equipos, personal para realizar una actividad eficiente, se utilizó el Método de Richar Muther con el cual se propone un ordenamiento adecuado de las máquinas,

espacio necesario para operarlas, relacionar las actividades según su importancia de uso o secuencia de producción buscando que sea lo más eficiente posible para que así reduzca costos a la empresa.

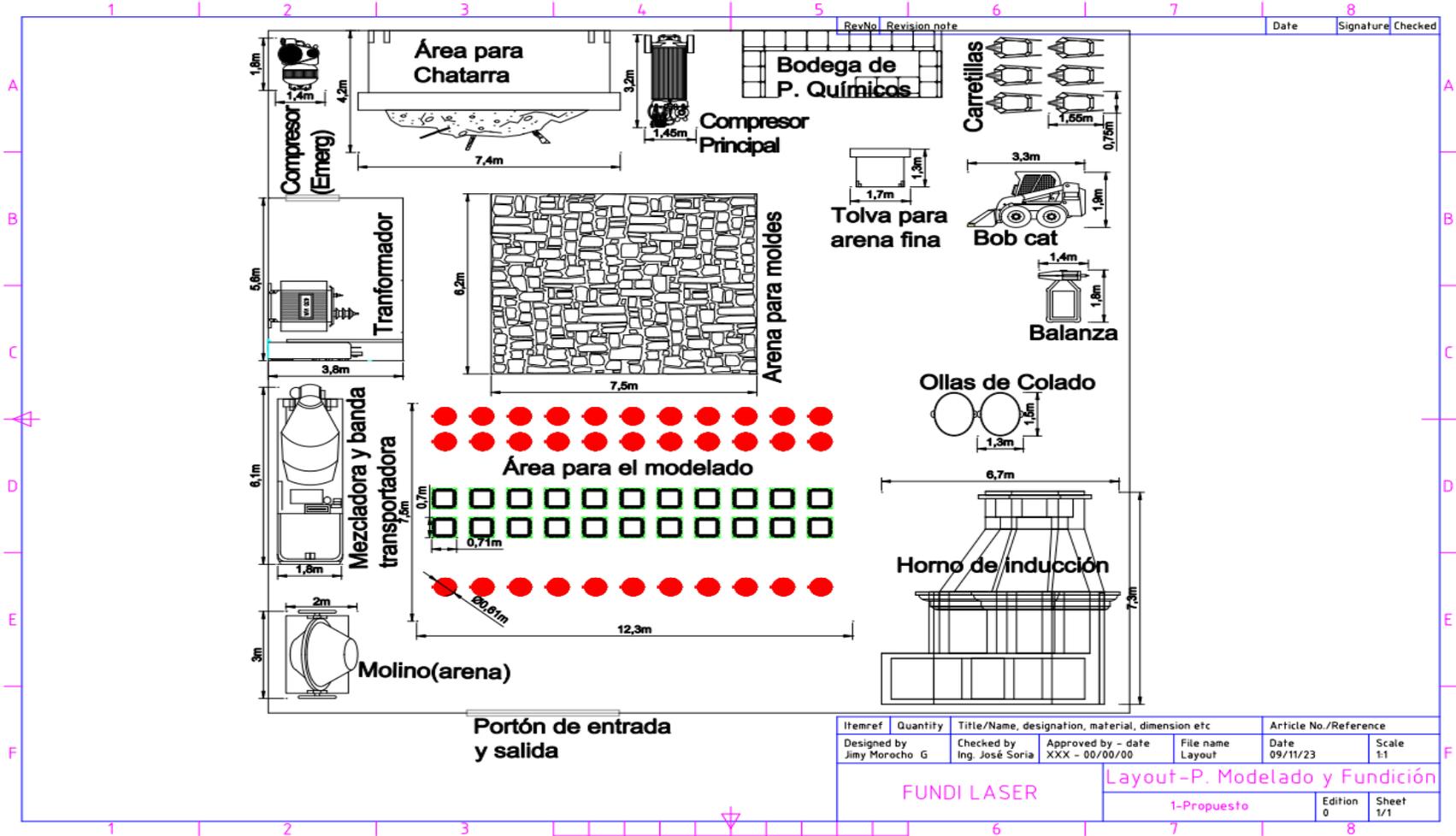
4. Se utilizó el programa Corelap para obtener un Layout adecuado para posteriormente plasmar en AutoCAD de manera más visual y detallada el Layout que se pretende presentar como la mejor propuesta para este proceso productivo de la empresa FUNDI LASER, ya que la propuesta 1 cumple el mayor número de características de un buen Layout tales como visibilidad del proceso, evitar exceso de movimientos, permitir las entradas y salidas de productos e insumos lo cual permite tener un correcto flujo del trabajo dentro del proceso productivo.

5.2. Recomendaciones

Para que la redistribución de una planta sea adecuada se debe tener en cuenta la importancia que existe entre cada actividad y sus relaciones entre ellas, así también se debe conocer a profundidad el proceso productivo que se está analizando es decir qué actividades se desarrollan, cómo se desarrolla cada una de ellas, los recursos que se utilizan; por qué es importante esta actividad en el proceso productivo, y demás, ya que esto nos permite valorar en la matriz de relación de actividades de manera objetiva y fiable lo cual nos va a brindar un Layout lo más apegado a la necesidad real de la empresa.

CAPÍTULO VI. PROPUESTA

Figura 12. Layout propuesto



Nota: Elaboración propia del autor. AutoCAD

Este Layout propuesto nos permite tener un control completo de todo el proceso productivo ya que se puede visualizar todas las actividades que se desarrollan, así como también permite que cada puesto de trabajo tenga una relación razonable y cercana para optimizar el tiempo y los recursos que se empeñan durante la producción. Es importante también indicar que esta propuesta nos va a permitir un fácil acceso y movimiento de todos los insumos, materiales, equipos, personal con seguridad ya que existirá una mejor visibilidad del entorno laboral.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Bastidas, L., & Aguirre, L. (2020). *Repositorio ICESI*.
https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/87528/1/TG02999.pdf
- Cabrera. (15 de Agosto de 2022). Moodle.UNACH. Riobamba, Chimborazo, Ecuador.
- Córdova, C. S. (2017). *GESTIÓN DE RIESGOS EN BASE A LA NORMATIVA GTC-45 E IMPLEMENTACIÓN DE LA SEÑALÉTICA EN LA EMPRESA "FUNDILASER"*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Riobamba.
- Enriquez, J. L., & Tremps, E. (12 de 2012). *Universidad Politécnica de Madrid*.
file:///C:/Users/ashly/OneDrive/Escritorio/Tesis/Tesis.Guia/Fundici%C3%B3n_nodular.pdf
- García, J. (2020). *ROGLE*.
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/152734/Distribuci%F3n%20en%20Planta.pdf?sequence=5>
- García, N. (27 de Noviembre de 2020). *Scribd*.
<https://es.scribd.com/document/486077818/Ejercicio-SLP-Y-CRAFT-pdf#>
- Guevara, Y., & Tapia, Y. (2023). *Universidad Señor de Sipán*.
<https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/11173/Guevara%20Segura,%20Yaneli%20&%20Tapia%20Segura,%20Yamili.pdf?sequence=12>
- López, B. (03 de Septiembre de 2019). *INGENIERIA INDUSTRIAL online.com*.
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/disenio-y-distribucion-en-planta/metodos-de-distribucion-y-redistribucion-en-planta/>
- Luxio. (23 de Marzo de 2011). *Scribd*. <https://es.scribd.com/doc/51420648/Definiciones-de-distribucion-de-planta#>
- Mejía, H., Wilches, M., Galofre, M., & Montenegro, Y. (Diciembre de 2011). *revistas.utp*.
<https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/1473/961>
- Moposita, G. (Diciembre de 2013). *Repositorio Universidad Técnica de Ambato*.
<http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/6255>
- Muther, R. (1981). *DISTRIBUCION EN PLANTA* (Vol. 2). HI SPANO EUROPEA.
file:///C:/Users/ashly/Downloads/Distribucion_de_Planta_Richard_Muther.pdf
- Naranjo, F. (Mayo de 2021). *LAYOUT DE LA PLANTA INDUSTRIAL "SIDERÚRGICA TUNGURAHUA" PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SUS ESPACIOS*. Ambato, TUNGURAHUA, Ecuador.
<https://repositorio.pucesa.edu.ec/bitstream/123456789/3218/1/77377.pdf>

- Pérez, P. (06 de Junio de 2016). *Interempresas.net*.
https://www.interempresas.net/Cerramientos_y_ventanas/Articulos/157797-Cuando-es-necesaria-una-nueva-distribucion-en-planta.html
- Ramírez, A. (Febrero de 2013). CUADERNILLO DE EJERCICIOS DE DIAGRAMA DE RECORRIDO y BLOQUES . México, Estado de México, México.
- Rios, E., Perdomo, M., Pinedo, D., & Sánchez, J. y. (2003). *La distribución de planta como herramienta competitiva en las empresas de servicio*. Facultad de Ingeniería.
https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/6160/1/RiosElkin_2003_DistribucionPlantaHerramienta.pdf
- Salazar, B. (03 de 09 de 2019). *INGENIERIA INDUSTRIAL Online.com*.
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/disenio-y-distribucion-en-planta/metodos-de-distribucion-y-redistribucion-en-planta/>
- Suica, O. (15 de 07 de 2015). *issuu*. <https://issuu.com/omarsuicapariona/docs/metodo-de-guerchet>
- Supe, E. (2019). “ESTUDIO DE LOS TIEMPOS Y MOVIMIENTOS Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD EN LA FABRICACIÓN DE TAPAS DE ALCANTARILLADO DE LA EMPRESA FUNDI LASER EN LA CIUDAD DE AMBATO EN EL AÑO 2018”. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA, Ambato.
- Torres, K., Florez, L. S., Sanchez, C., & Castañeda, N. (27 de Abril de 2020). *Revista Ingeniería*.
[file:///C:/Users/ashly/Downloads/fhriosg,+15378%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ashly/Downloads/fhriosg,+15378%20(1).pdf)
- Vallhonrat, J., & Vallhonrat, J. (2013). *Localización, distribución en planta y mantenimiento*. Marcombo.
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=B5Gch3V2XXcC&oi=fnd&pg=PA9&dq=distribucion+de+planta&ots=RyFnR1CDV8&sig=HiyDq7iqfawOQICAdFnQp2KcYYY#v=onepage&q=distribucion%20de%20planta&f=false>
- Velasco, F. (1991). *Escuela Superior Politécnica del Litoral*. [file:///C:/Users/ashly/Downloads/D-10705%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ashly/Downloads/D-10705%20(1).pdf)
- Wenli. (03 de 03 de 2022). *Dawangcasting*. <https://dawangcasting.com/es/blog/what-is-foundry/>
- Zurita, J., & Punina, C. (2017). “GESTIÓN DE RIESGOS EN BASE A LA NORMATIVA GTC-45 E IMPLEMENTACIÓN DE LA SEÑALÉTICA EN LA EMPRESA “FUNDILASER”. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Riobamba.

7. ANEXOS

Anexo 1

Oficio de FUNDI LASER

FUNDI LASER



Panamericana Norte Km.4 1/2 Y Av. Indoamérica Izamba, Tungurahua

Tesista

Jimmy Tobias Morocho Guachagmi

Estudiante de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

Presente

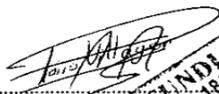
De mi consideración

Con un cordial saludo, por medio del presente documento doy a conocer las dificultades que se presentan en el proceso productivo del área de Modelado y Fundición de la Empresa FUNDI LASER para que usted los considere y brinde una propuesta de solución a los mismo mediante su tema de tesis, problemas:

- Choques entre líneas
- Tiempos largos en cada subactividad
- Ampliación del área

Por su gentil atención, le agradezco y deseo éxitos en su proyecto de investigación para Titulación.

Atentamente


Ing. Jairo Villagran
Jefe de Producción de FUNDI LASER

FUNDI LASER
RUC 1802668788001

Anexo 2

Determinación de la importancia entre las actividades en Corelap

CORELAP 01_Plantamiento

¿Cuántos departamentos quiere implantar?

15

CONTINUAR

RETROCEDER

SEGUIR >>>

A=6, E=5, I=4, O=3, U=2, X=1

Nombre Departamento	Tamaño Depart. m2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1 Mezcladora con ba	18.45	A	I	U	A	U	U	E	E	U	U	U	A	U	A	
2 Materia prima para	58.59		I	U	A	U	U	A	A	I	U	U	E	U	O	
3 Modelado	116.24			A	I	O	O	I	I	I	U	O	I	O	O	
4 Olla de colado	6.6				O	U	U	U	U	A	A	A	I	I	I	
5 Carretillas (6)	14.64					U	U	E	E	O	U	U	U	U	U	
6 Compresor alterna	3.18						I	O	O	U	U	O	U	U	E	
7 Compresor automá	5.85							O	O	U	U	O	U	U	E	
8 Molino para arena	10.08								A	U	U	U	I	U	E	
9 Tolva para la arena	3.71									U	U	U	E	U	U	
10 Chatarra	39.16										A	A	E	E	E	
11 Balanza	4.23											I	O	O	I	
12 Horno de inducció	61.63												O	E	A	
13 Bobcat	2.14													U	U	
14 Bodega de product	10.81														O	
15 Alto Voltaje (transf	17.88															

Anexo 3

Determinación del área requerida para cada actividad

CORELAP 01_Presentación Resultados

ORDENACIÓN DE LOS DEPARTAMENTOS POR IMPORTANCIA

Orden	Nombre	TCR	Superficie m2
1.-	Alto Voltaje (trans	55	17,88
2.-	Chatarra	54	39,16
3.-	Materia prima para	52	58,59
4.-	Mezcladora con b	52	18,45
5.-	Modelado	51	116,24
6.-	Molino para arena	51	10,08
7.-	Olla de colado	51	6,6
8.-	Horno de inducció	49	61,63
9.-	Tolva para la aren	49	3,71
10.-	Bobcat	49	2,14
11.-	Carretillas (6)	46	14,64
12.-	Balanza	42	4,23
13.-	Bodega de produc	39	10,81
14.-	Compresor autom	37	5,85
15.-	Compresor alterna	37	3,18

Superficie Requerida < Superficie Disponible

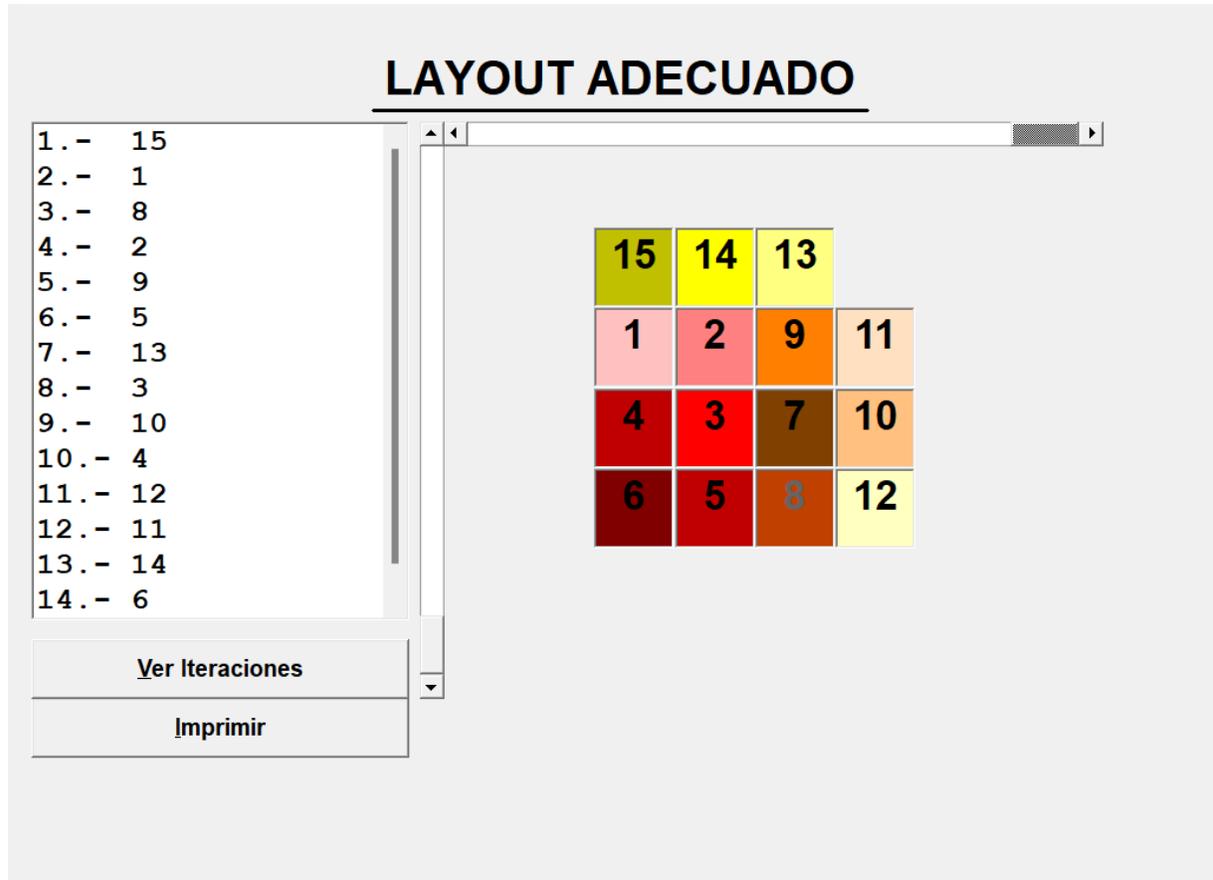
Superficie Requerida:

Superficie Disponible:

Anexo 4

Propuesta de ordenación de cada actividad-Corelap

CORELAP 01_Representación Gráfica



Anexo 5

Medición del largo y ancho de las máquinas y equipos de FUNDI LASER



Anexo 6

Medición de la altura de máquinas y equipos de FUNDI LASER



Anexo 7

Medición de la altura de carretillas



Anexo 8

Vertido de la Colada en las Ollas

