

**DISEÑO DE HERRAMIENTA PARA LA ESTIMACIÓN DEL TAMAÑO DE LAS
INSTALACIONES DE LA EMPRESA ESTRUCTURAS Y MONTAJES
EUROPA S.A.S.**

**LUIS MIGUEL BASTIDAS ORDOÑEZ
LAURA ANDREA AGUIRRE HERNÁNDEZ**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CALI
2020**

**DISEÑO DE HERRAMIENTA PARA LA ESTIMACIÓN DEL TAMAÑO DE LAS
INSTALACIONES DE LA EMPRESA ESTRUCTURAS Y MONTAJES
EUROPA S.A.S.**

**LUIS MIGUEL BASTIDAS ORDOÑEZ
LAURA ANDREA AGUIRRE HERNÁNDEZ**

Proyecto de Grado para optar el título de Ingeniero Industrial

**Director proyecto
Ing. MEIR TANURA SAPORTAS**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CALI
2020**

RESUMEN	6
Introducción	7
1. Contexto, Formulación y Justificación del Problema	9
1.1 La industria de ascensores en Colombia	9
1.2 Estructuras y Montajes Europa S.A.S	10
1.3 Formulación del problema	11
1.4 Justificación o Importancia de la situación objeto de estudio	13
2. Objetivos	14
2.1 Objetivo del Proyecto	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3 Marco de Referencia	15
3.1 Antecedentes o Estudios Previos	15
3.2 Marco Teórico	16
3.2.1 Diseño del proceso de manufactura	17
3.2.2 Inventario	17
3.2.3 Make to order (MTO)-Fabricación por pedido:	18
3.2.4 Maquinaria	18
3.2.5 Normas de seguridad industrial y salud ocupacional	18
3.2.6 Método de Guerchet:	19
3.3 Contribución Intelectual o Impacto del Proyecto	21
4 Metodología	22
5 Resultados	23
5.1 Presentación y discusión de resultados	23
5.1.1 Identificación de variables	25
5.1.2 Caracterización de las variables	26
5.1.2.1 Inventarios	26
5.1.2.2 Máquinas y equipos	27
5.1.2.3 Áreas de la empresa	30
5.2 Programación de la herramienta	32
5.3 Validación de la herramienta	32
5.3.1 Comparación del resultado con el tamaño actual de la empresa EME S.A.S.	33

5.4 Beneficios de la herramienta	34
5.5 Instructivo para el usuario	34
5.5.1 Inicio	34
5.5.2 Calcular el área	35
5.5.3 Agregar áreas o departamentos	36
5.5.4 Agregar materias primas	36
5.5.5 Seleccionar máquinas o equipos	37
5.5.6 Agregar maquinaria o equipo	37
5.5.7 Base de datos	38
5.5.8 Cálculos	40
5.5.9 Área por departamentos	41
5.6 Validación de la herramienta de estimación	42
5.6.1 Digitación de los datos	42
5.6.1.1 Maquinaria y equipo	42
5.6.1.2 Áreas o departamentos	43
5.6.1.3 Materias primas y materiales en proceso	44
5.6.2 Asociación de parámetros:	44
5.6.3 Asignación de las normas de seguridad y salud en el trabajo	45
5.6.4 Ejecución de la herramienta de estimación	45
5.7 Conclusiones	46
5.8 Recomendaciones	47
BIBLIOGRAFÍA	49

Tabla de ilustraciones y tablas

Ilustración 1 Ventas en 2016 para empresas en el sector de fabricación de sistemas de elevación en Colombia, Adaptación propia,	10
Ilustración 2-Espina de pescado EME S.A.S.	11
Ilustración 3-Diagrama de proceso de la empresa EME S.A.S.....	24
Ilustración 4-Instalaciones EME S.A.S.....	25
Ilustración 5-Departamentos son áreas	33
Ilustración 6-Hoja de inicio de herramienta de estimación.	35
Ilustración 7-Hoja para ingresar datos	35
Ilustración 8-Sección para agregar áreas o departamentos.....	36
Ilustración 9- Sección para agregar materias primas	36
Ilustración 10-Sección para seleccionar referencias de maquinaria o equipos registrada en la base de datos.	37
Ilustración 11-Sección para agregar referencias de maquinaria o equipo que no se encuentra registrada en la base de datos.	38
Ilustración 12-Base de datos con información de referencias de maquinaria y equipos	39
Ilustración 13-Áreas o departamentos ingresados por el usuario	39
Ilustración 14-Base de datos con información de materias primas	40
Ilustración 15-Tabla de cálculos, parte 1.....	40
Ilustración 16-Tabla de cálculos, parte 2	41
Ilustración 17-botón de acceso al resultado de las áreas por departamentos	41
Ilustración 18-áreas y maquinaria o equipos por departamentos.....	42
Ilustración 19-Máquinas y equipos.....	43
Ilustración 20-Áreas o departamentos	44
Ilustración 21-Materias primas en proceso	44

Lista de Anexos

Anexos	50
Anexo 1- Ilustraciones de materiales, máquinas y equipos	50

RESUMEN

El presente trabajo de grado aborda el desarrollo de una herramienta de estimación para el cálculo del área necesaria para llevar a cabo adecuadamente las actividades productivas de la empresa Estructuras y Montajes Europa S.A.S. Este trabajo va dirigido hacia empresas del sector metalmecánico, especialmente a pequeñas y medianas empresas, su desarrollo tiene como fin brindar información que ayude a tomar decisiones correctas referentes a la adquisición de espacios para la puesta en marcha de procesos productivos.

La herramienta de estimación se desarrolló teniendo en cuenta el método de Guerchet y normas de seguridad y salud en el trabajo como la NTC 1700 de 1982 y Resolución 2400 de 1979. Para el desarrollo de la herramienta se dividió el trabajo en 4 fases, la primera se centró en la evaluación de la empresa, tras la cual se logró identificar la situación de mejora, la segunda fase del proyecto se enfocó en el análisis de las variables necesarias para el desarrollo satisfactorio de la herramienta de estimación, la tercera fase se centró en el diseño y desarrollo de la herramienta de estimación con la programación avanzada en Visual Basic, de Excel, finalmente, la cuarta y última fase se concentró en validar la herramienta de estimación en la empresa objeto de estudio.

Palabra claves: Método de Guerchet, Normas de seguridad y salud en el trabajo, herramienta, estimación.

Introducción

En ocasiones cuando las compañías van a dar inicio a un proceso productivo o un proyecto de ampliación de sus instalaciones no tienen en cuenta una estimación acertada del tamaño requerido para el correcto desarrollo de sus actividades productivas, estas omiten aspectos como el área que ocupa la maquinaria y equipos que disponen, los inventarios de materia prima, los inventarios en proceso, flujos de producción y espacios de seguridad ajustados a normas de seguridad industrial vigentes en Colombia.

En particular, las empresas dedicadas a la producción de bienes que permiten la personalización se caracterizan por presentar comportamientos de la demanda fluctuantes, con picos inesperados y posibles aumentos repentinos en las ventas de sus productos, este es el caso particular de la empresa Estructuras y Montajes Europa S.A.S., cuya demanda se cuadruplicó en el último trimestre del año 2019, una inadecuada planeación de las dimensiones y el área requerida para llevar a cabo adecuadamente los procesos productivos de la empresa, aunado al repentino aumento de la demanda de ascensores y estructuras metálicas debido principalmente al avance de las urbanizaciones y proyectos estatales en la región, produjo en la empresa Estructuras y Montajes Europa S.A.S. una situación de falta de espacios físicos, flujos cruzados y capacidad insuficiente para cumplir con la creciente demanda de ascensores y estructuras metálicas.

Dichos inconvenientes han causado retrasos en algunos de los proyectos obtenidos por parte de la empresa Estructuras y Montajes Europa S.A.S., por esto, y en aras de brindar una solución a la situación mencionada, se plantea el desarrollo de una herramienta de estimación que contribuya a llevar a cabo el cálculo del área requerida para desarrollar adecuadamente las actividades productivas de la empresa en cuestión.

La herramienta de estimación se fundamenta principalmente en el método de Guerchet, la maquinaria y equipo usado por la empresa, sus materias primas y normas de seguridad y salud en el trabajo vigentes en el país; su funcionamiento se lleva a cabo gracias a la interrelación de las variables de entrada de la herramienta de estimación, ésta asocia materias primas o productos en proceso a maquinaria o equipo y a su vez, las relaciona con las áreas o departamentos de la empresa en cuestión, para así conglomerar las áreas necesarias de cada máquina o equipo por cada departamentos.

El manejo de la programación avanzada de Excel es clave en el desarrollo de la herramienta de estimación, ésta permite brindar al usuario de la herramienta de estimación un uso agradable e intuitivo, del mismo modo sirve de puente entre los conocimientos adquiridos en la ingeniería industrial por parte de los integrantes del equipo investigador y la aplicación en situaciones de la realidad, de este modo, el

afianzamiento y la adquisición de nuevos conocimientos que contribuyen a mejorar la toma de decisiones en entornos industriales reales, son la base y la motivación para el desarrollo de éste proyecto.

1. Contexto, Formulación y Justificación del Problema

1.1 La industria de ascensores en Colombia

De acuerdo con el Plan Especial de Vivienda y Hábitat 2015-2027 para la ciudad de Santiago de Cali, el continente americano es el que presenta una mayor proporción de personas viviendo en la zona urbana, alrededor del 78% de la población de Latinoamérica y el Caribe habita en ciudades; para la Beneficencia del Valle del Cauca E.I.C.E se espera que para el año 2025 en Colombia, el 75% de la población se establezca en las ciudades, haciendo que aumenten las ventas en la construcción vertical como solución a la sobrepoblación en las ciudades, las ventas en el mercado de la industria de ascensores tendrán un incremento considerable en el corto plazo, por otro lado (V, Escobar, U, & Bolivariana, 2015) mencionan que:

Los Planes de Ordenamiento Territorial del país han promovido la evolución de las clásicas construcciones urbanísticas horizontales en proyectos urbanísticos de construcciones verticales. Esto ha generado la necesidad de que cada vez más incurran en el mercado empresas dedicadas a la venta, fabricación, instalación y mantenimiento de equipos de transporte vertical como es el caso de los ascensores y escaleras eléctricas. (p.8)

Puntualmente en la ciudad de Cali, con base a las zonas de redensificación, ubicadas estratégicamente con cercanía a fuentes de empleo, transporte público, acceso a servicios públicos y salud, se prevé un incremento en la densificación con la construcción de viviendas en altura (Gastelbondo et al., 2015).

De acuerdo con lo anteriormente mencionado, y a que las nuevas normas referentes al sector de construcción, estas exigen que los nuevos conjuntos, proyectos de vivienda de interés social, centros comerciales y otro tipo de construcciones que en su infraestructura cuenten con cinco o más pisos, se construyan con sistemas de elevación, tales como ascensores (*Mercado de ascensores importados en Colombia*, s. f.). La demanda de sistemas de elevación presentará un incremento considerable en el mercado de la región. Adicionalmente, considerando la pirámide poblacional de Colombia, que para el año 2000 las personas mayores a 64 años representaban el 4,74% de la población, con el paso de los años este porcentaje ha llegado a 7,98%, lo que se traduce en una población cada vez más envejecida, lo cual representa un nicho importante en el mercado de los ascensores, pues de acuerdo con los directivos de Estructuras y Montajes Europa S.A.S. la demanda estos productos por parte de personas con movilidad reducida ha aumentado en los últimos años.

En Colombia, la industria de ascensores se encuentra principalmente abarrotada de empresas dedicadas a la venta y distribución y no a la fabricación de estos, pues como señala (*Mercado de ascensores importados en Colombia*, s. f.). Los

ascensores son principalmente traídos desde China para su distribución y comercialización a los constructores, para dar una perspectiva cuantificable de lo que es la industria de ascensores en Colombia se encuentran las siguientes empresas con sus respectivas ventas para el año 2016.

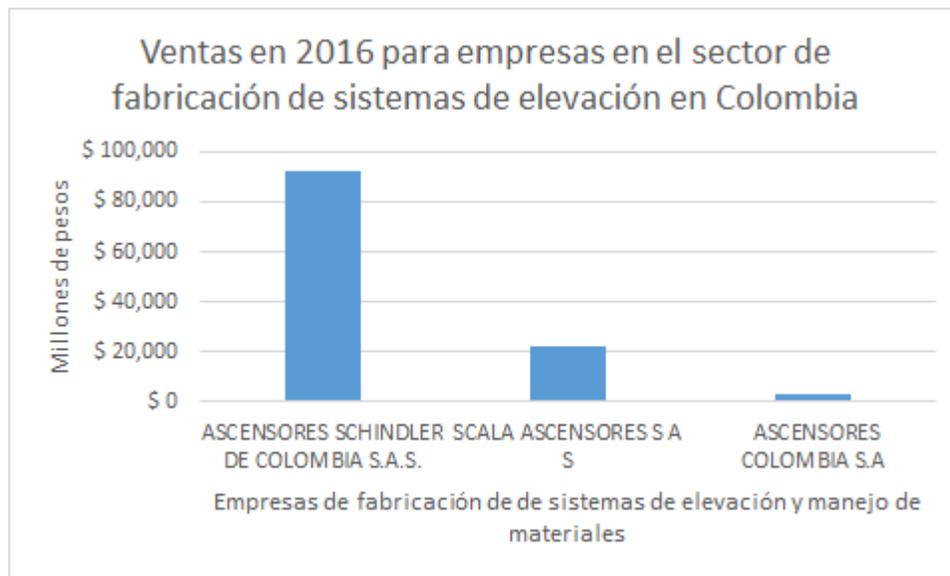


Ilustración 1 Ventas en 2016 para empresas en el sector de fabricación de sistemas de elevación en Colombia, Adaptación propia, Fuente: (Gestor Comercial y de Crédito, 2019).

El panorama relacionado al capital que esta industria mueve es alentador, teniendo en cuenta también que la cantidad de empresas de este sector en el país es baja, por lo anterior, si se considera la capacidad actual con la que cuenta la empresa Estructuras y Montajes Europa S.A.S. (EME S.A.S.), resulta la pregunta: cómo se encuentra ésta frente a un inminente aumento de la demanda de sistemas de elevación y la eficiencia de sus instalaciones, se plantea desarrollar el proyecto en esta empresa. Así, para una empresa que empieza a incursionar en el mercado de ascensores, es un desafío de ingeniería adaptarse adecuadamente al mercado teniendo en cuenta ciertas limitaciones, una adecuada planeación del espacio físico determina la eficiencia del sistema productivo en cuestión.

1.2 Estructuras y Montajes Europa S.A.S

Estructuras y Montajes Europa S.A.S. es una empresa ubicada en la ciudad de Cali-Valle del Cauca, fundada el 3 de septiembre del 2013, se dedica a la fabricación e instalación de productos metálicos para uso estructural, además de productos relacionados con la producción de ascensores para personas e industriales. Actualmente la empresa desarrolla sus actividades productivas con énfasis en 2

líneas de productos, enfocados en satisfacer las necesidades de los clientes con el diseño, fabricación e instalación de estructuras metálicas para diversas aplicaciones, como: sistemas de elevación para carga y personas y la construcción de estructuras metálicas.

1.3 Formulación del problema

Se realizó una visita de campo por parte de los encargados de desarrollar el proyecto a las instalaciones de la empresa Estructuras y Montajes Europa S.A.S., con el fin de evidenciar y documentar la situación actual de la empresa respecto su proceso productivo, teniendo en cuenta el flujo de sus procesos, la distribución de la maquinaria implícita en los mismos, y otros importantes factores como la acomodación de sus materias primas, insumos, productos en proceso y productos terminados; como consecuencia de la visita de campo realizada se identificó su proceso productivo y con ello se realizó el diagrama de Ishikawa para la empresa EME S.A.S. con el fin de identificar las causas de la situación problema a estudiar.

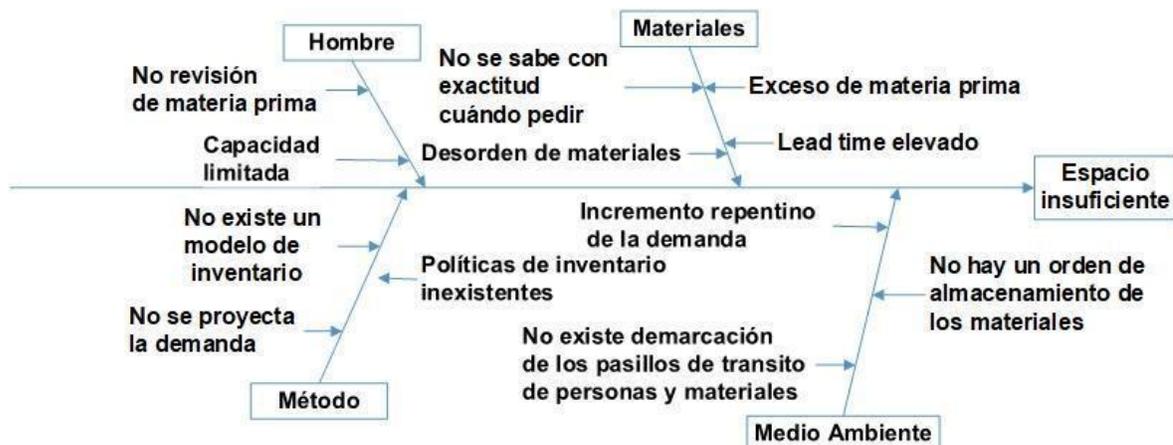


Ilustración 2-Espina de pescado EME S.A.S.

Fuente: Elaboración propia

La elaboración del diagrama de Ishikawa permitió encontrar la posible situación de mejora, se observó que algunas situaciones problema tienen como resultado un espacio insuficiente para el buen desarrollo de las actividades productivas de la empresa EME S.A.S. La estimación y determinación inadecuada del tamaño de las instalaciones destinadas a producción debido al sobre flujo presente en algunos procesos se convierte en un aspecto de mejora fundamental para el desarrollo de este proyecto, pues para el caso de la empresa EME S.A.S. se dio inicio a sus operaciones sin tener en consideración un espacio físico adecuado que permita desarrollar las operaciones de producción de manera organizada, considerando la maquinaria y equipos con los que dispone, los inventarios de materia prima, los inventarios en proceso, flujos de producción, espacios de seguridad ajustados a normas de seguridad industrial vigentes, entre otros de manera eficiente y

ordenada, teniendo en cuenta también las variaciones del mercado que pueden influir en si una empresa está o no en capacidad para cumplir con los requerimientos del mismo. Adicional a lo anterior, los materiales que generalmente se utilizan para la fabricación de las partes componentes de un sistema de elevación vertical incluyen el acero inoxidable y la madera, ambos materiales requieren un trato cuidadoso para que no se deterioren durante el proceso, lo cual implica disponer de mayor espacio para su manipulación y almacenaje provisional.

Para la determinación del tamaño de las instalaciones se debe considerar un espacio que permita a una empresa dedicada a la manufactura como lo es EME S.A.S. adecuarse conforme a su proceso productivo, teniendo en cuenta las implicaciones mismas de los productos como lo es el tamaño de las partes componentes y del producto terminado en sí dado que en la empresa se pre arma casi en su totalidad cada ascensor antes de ser despachado, los incrementos de la capacidad del proceso productivo derivados de las estimaciones de la demanda; siendo esta una de las variables que más influye en el momento en que una empresa inicia operaciones, y que para el caso particular, dicha demanda ha sido considerablemente variable. En general los bienes de consumo masivo se caracterizan por tener una demanda que tiende a alcanzar un pico a largo plazo, este tipo de productos son producidos bajo un sistema de producción Make to Stock, o bien sea Push, mientras que en los bienes que en general permiten un alto grado de personalización el cliente hala la demanda, estos bienes son producidos bajo un sistema de producción Make to Order, o Pull, para este tipo de bienes en particular, la demanda no suele ser constante, al contrario posee un alto grado de variabilidad, por ende, la capacidad del sistema puede incrementar como respuesta a un pico o variación de la demanda, por esto, y gracias a la visita de campo realizada a la empresa EME S.A.S se observó que debido al repentino aumento de la demanda, que por lo general se da bajo un espacio ya instalado, propició una situación de desorden en el manejo y cuidado de materiales, inventarios, máquinas y flujos cruzados en las secuencias de manufactura para determinadas partes y componentes.

En la determinación del tamaño de las instalaciones es necesario también tener en cuenta la cantidad de materias primas, productos en proceso y productos terminados, el tamaño de las partes componentes de un sistema de elevación, además de normas de seguridad industrial y salud ocupacional pertinentes para la empresa en cuestión; el enfoque de esta investigación se desarrolla en esta empresa en particular dado el alcance con el que se ha delimitado el proyecto, se espera así que, como la implementación del proyecto fue exitosa, en un futuro el alcance del mismo puede ampliarse y extenderse a otros sectores de la manufactura.

El proyecto de diseño de herramienta para la estimación del tamaño idóneo de las instalaciones de producción de una empresa es un proyecto de tipo industrial enfocado en la empresa Estructuras y Montajes Europa S.A.S., que una vez

aplicado ofrecerá a las empresas e interesados una herramienta para proyectos relacionados con la determinación del tamaño de las instalaciones de planta en la ciudad de Cali. El alcance de este es la estimación del cálculo del tamaño necesario para las instalaciones industriales de la empresa EME S.A.S., dado que está considerado en el mediano plazo realizar inversiones en nueva maquinaria con el fin de complementar la planta productiva actual, lo cual implicaría la revisión de una nueva instalación industrial o la consecución de espacio adicional al ya existente.

Formulación de la pregunta de investigación u objeto de estudio

¿Cuál debería ser el tamaño adecuado de las instalaciones industriales de la empresa Estructuras y Montajes S.A.S. para el adecuado desarrollo de sus actividades productivas?

1.4 Justificación o Importancia de la situación objeto de estudio

Cuando un empresario inicia un nuevo proyecto de empresa sin realizar una planeación de las especificaciones mínimas para determinar la capacidad instalada que requiere, es normal encontrar situaciones relacionadas con la necesidad de reaccionar de manera ágil a los cambios que la demanda impone, sobre todo cuando se presenta un aumento de esta. Dichas reacciones generan un aumento en el presupuesto y con ello un desfase en los resultados para la empresa. Dada la capacidad instalada con la que actualmente cuenta la empresa EME S.A.S., que comprende la fabricación de alrededor de tres ascensores en un lapso aproximado de seis meses para finales de 2018, si se diera el caso de un repentino aumento en la demanda, se cree que la empresa no estaría en capacidad para responder a esta en base a los espacios que dispone.

La importancia de estimar el tamaño necesario para las instalaciones industriales de una empresa de manufactura radica principalmente en la determinación de las especificaciones técnicas que deben tener los activos de la compañía y en los aspectos económicos y financieros de un valor de inversión, para así evaluar la rentabilidad del proyecto.

Con el dimensionamiento aproximado de una planta de producción, un empresario puede tomar una decisión respecto al posible arrendamiento de una instalación ya construida, o dado el caso, la compra de un terreno para la construcción de la misma; se encuentra pues en consideración un valor sumamente importante a la hora de realizar alguna de las dos acciones, es decir, no es lo mismo para un empresario realizar el arrendamiento de una instalación o la compra de un terreno para la construcción sin conocer previamente algún valor aproximado para el mismo; la no consideración de esta estimación puede generar gastos innecesarios por espacio extra que no será usado, o por el contrario falta de espacio para llevar a cabo las actividades productivas.

2. Objetivos

2.1 Objetivo del Proyecto

- Desarrollar una herramienta para la estimación del tamaño real de una planta de producción en escenarios de empresas manufactureras del sector metalmecánico en la ciudad de Cali.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar y caracterizar los recursos a tener en cuenta en el diseño de la herramienta
- Desarrollar la herramienta para la determinación del tamaño de las instalaciones industriales.
- Validar la herramienta para determinación del tamaño de las instalaciones industriales.

Entregables:

- Lista de recursos necesarios para la herramienta identificados y caracterizados.
- Herramienta basada en la metodología planteada.
- Informe de validación de la herramienta

3 Marco de Referencia

3.1 Antecedentes o Estudios Previos

Uno de los mayores problemas que hoy en día presentan los empresarios, es la determinación del tamaño ideal que debe tener una instalación de tipo industrial, generalmente cuando se plantea un proyecto de diseño de una instalación, los encargados se preocupan más por el costo de la inversión, que por los beneficios de esta a largo plazo. En la actualidad, según (Carro Paz & González Gómez, 2013) existen metodologías que permiten llevar a cabo la distribución de planta en una organización, estas principalmente son: CRAFT, M-Craft, método gráfico, Bloc Plant; estas se basan principalmente en estimaciones que ayudan a llevar a cabo la finalidad de organizar de una manera adecuada los departamentos de una instalación productiva. Estas no desarrollan completamente el objetivo general del proyecto, si no que brindan bases teóricas y herramientas para desarrollar parte de este, pues permite evaluar distintos parámetros como la productividad o el costo de acuerdo con una o más opciones de distribuciones planteadas.

Asimismo, los algoritmos computacionales mejoran la capacidad de planeación y calidad de las distribuciones de planta, estas herramientas a través de metodologías mencionadas anteriormente, evalúan diferentes soluciones de diseño en un corto tiempo, un ejemplo de ello es el SLP desarrollador por Muther, el cual por medio de una simulación, busca optimizar el estudio de una variedad vasta de alternativas de modelos a través de la imitación de las operaciones y sus flujos por un período de tiempo determinado, que permite la eficiencia del sistema productivo. (Orozco, 2014)

Por otro lado, de 2006 a 2010, estudiantes de la Universidad Icesi desarrollaron un macroproyecto enfocado al desarrollo de una herramienta DDP (Diagnóstico de la distribución de planta para micros y pequeñas empresas en la ciudad de Cali), el cual, de acuerdo con (Bermúdez & Cardona, 2006) se enfoca principalmente en el desarrollo de un aplicativo web que facilite a los empresarios en el diagnóstico de la distribución de planta de pequeñas y medianas empresas en la región, a su vez, permite la comparación con otras empresas en el mismo rango de una en particular, este macroproyecto contribuye al presente proyecto en cuanto brinda una base para tener en cuenta el estado de un factor clave como lo es la distribución de planta de la empresa en cuestión, este da una evaluación e indirectamente puede contribuir a indicar si la empresa posee un área adecuada para llevar a cabo sus actividades, es útil también este proyecto de grado pues brinda preguntas de gran ayuda en la realización de las entrevistas planteadas.

La distribución de planta tiene un papel esencial en el mejoramiento de la productividad, permite que las áreas de una empresa se conecten adecuadamente, facilita el flujo de las líneas de producción y favorece las condiciones correctas de seguridad y salud en el trabajo. En el año 2014 se publicó un artículo titulado Diseño y Distribución de Instalaciones apoyando el uso de la Simulación de Procesos, en donde el objeto de estudio es el uso de simuladores para la distribución de planta en las empresas. En el artículo se menciona cómo las compañías a nivel mundial optan por situar en su planeación estratégica una correcta distribución en las instalaciones, dado que, el 50% de los gastos totales de funcionamiento puede reducirse si se ha diseñado el Layout de la instalación de adecuadamente (Orozco, 2014).

Por otro lado, en, el Proyecto de grado Titulado Diseño del sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional, bajo los requerimientos de la norma NTC-OHSAS 18001 en el proceso de fabricación de cosméticos para la empresa WILCOS S.A de Nury Amparo González González consiste según su autora en:

Diseñar un sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional, bajo los requisitos de la norma NTC-OHSAS 18001 en el proceso de fabricación de cosméticos para la empresa WILCOS S.A. de tal forma que se contribuya con el bienestar de los trabajadores, ayude a minimizar los factores de riesgo a los que se exponen día a día sus empleados, y colabore con el mejoramiento de la productividad.

Este trabajo facilita al proyecto a partir de los resultados obtenidos, las herramientas para identificar la importancia de la implementación del Sistema de Gestión del S&SO ó SSGT (Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo), dado que el cumplimiento de las normas y leyes relacionadas con la seguridad y salud en el trabajo permite a las organizaciones controlar los riesgos derivados a su actividad económica, reducir los tiempos que no agregan valor al proceso y los costos asociados.

El proyecto se basó en evaluar el cumplimiento de la norma NTC- OHSAS 1800. (González, 2009) Nury González establece 3 aspectos: Requisito, Descripción y observación. El primer aspecto hace referencia a los elementos del Sistema de Gestión del S&SO, en el segundo se relacionan los requisitos que la organización debe establecer y mantener para lograr un Sistema de Gestión de Seguridad Salud Ocupacional, y en el tercer se describe la situación de la empresa WILCOS S.A. frente a los requisitos exigidos por la norma. Así pues, los aspectos anteriores aportan a este proyecto de grado una base para determinar el cumplimiento de las normas de salud y seguridad en el trabajo en la empresa la empresa Estructuras y Montajes Europa S.A.S.

3.2 Marco Teórico

Dado el enfoque y alcance del proyecto, es fundamental conocer a fondo los siguientes conceptos, normas y reglamentaciones, como estas se relacionan y cómo contribuyen al tratamiento y desarrollo del proyecto, estos son:

3.2.1 Diseño del proceso de manufactura

El sistema que adquiere una organización para transformar recursos en bienes y servicios se conoce como una decisión de proceso, así pues, su principal objetivo se convierte en encontrar la mejor forma de producir los mismos teniendo en cuenta las especificaciones del producto y sus costos (Carro Paz & González Gómez, 2013). El diseño del proceso de manufactura va íntimamente relacionado con la propuesta de valor que una empresa quiere brindar a sus clientes, para esto se tiene en cuenta que recursos serán necesarios, si un proceso será llevado a cabo a través de interacción humana o por medio de máquinas, cuáles serán las entradas, y que salidas se espera del sistema.

3.2.2 Inventario

El inventario se define como el conjunto de bienes, insumos, maquinaria, entre otros almacenados y a la espera de ser vendidos al mercado o consumidos por el mismo proceso productivo (Nancy, Trujillo, & Rodríguez, 2017), de este modo, para la empresa EME S.A.S. se tienen los siguientes tipos de inventarios.

- **Producto y Materiales:** dentro de este factor se incluyen las materias primas, insumos, producto en proceso y producto terminado, teniendo en cuenta características como forma, tamaño, peso y cualidades específicas de cuidado (Bermúdez, Melo;2006).
- **Materia prima:** se definen como los recursos o materiales que son transformados con el fin de convertirse en productos terminados, no todas las materias primas se vuelven productos terminados o bienes de consumo, existen materias primas que tras un proceso de transformación o de manufactura se convierten en entradas para un proceso posterior, a estas se les conoce como productos semielaborados.
- **Producto en proceso:** el producto en proceso es todo aquel inventario que se encuentra en un proceso productivo previo a estaciones de trabajo, es similar a un producto semielaborado en cuanto al hecho de que sirve para alimentar un proceso, no obstante, en general los productos semielaborados hacen énfasis en productos ajenos al proceso productivo de la empresa.
- **Producto terminado:** una vez los recursos han cumplido su ciclo en un sistema productivo y se les ha agregado valor, se considera que estos ya son productos terminados, productos listos para la entrega a clientes, se entiende que los recursos ya cumplieron su ciclo dentro de un proceso productivo cuando en cada una de las estaciones de trabajo por las cuales

pasa él mismo se ha hecho en estos una transformación física o de forma que agregue valor para el cliente.

3.2.3 Make to order (MTO)-Fabricación por pedido:

Las empresas que trabajan bajo un sistema MTO realizan los productos bajo los pedidos que realizan los clientes. Este sistema de producción se caracteriza principalmente por dos aspectos, el primero es que no maneja excesos de inventarios, dado que sólo se solicita la materia prima cuando llega un pedido, se mantiene un inventario de producción y materia prima bajos, y el otro aspecto consiste en que los artículos se caracterizan por tener un alto grado de personalización. Sin embargo, la desventaja más notable de este sistema de producción es que el Lead Time (tiempo de entrega) es largo. La empresa EME S.A.S. trabaja bajo un sistema de producción Make to Order.

3.2.4 Maquinaria

Son todo el conjunto de máquinas que se utilizan en la empresa para llevar a cabo su actividad económica. Para el proyecto se incluyen todo tipo de herramientas, equipos, moldes y maquinas necesarias para transformar los materiales por medio del uso de energía y con el fin de generar productos para uso o consumo posterior a un proceso productivo.

3.2.5 Normas de seguridad industrial y salud ocupacional

En todo proyecto de instalación industrial es necesario tener en cuenta las normas de seguridad industrial y salud ocupacional, para así tener un control de las fuentes de riesgos, reducir la probabilidad de ocurrencia de cualquier incidente, accidente o situación que ponga en riesgo la integridad del trabajador, algunas normas a tener en cuenta para el desarrollo del proyecto son:

NTC 1700 de 1982-Diseño de planta: Todas las empresas deben cumplir con los requisitos mínimos para garantizar la evacuación de las personas en edificios en caso de emergencia.

- Caminos de evacuación: Se establece que los caminos de evacuación tienen que ser libres, sin la presencia de objetos que obstruyan el paso de las personas desde un punto a la zona de encuentro.
- Características de salidas: En caso de que la salida presente algún inconveniente, la empresa tiene que prever condiciones adicionales para la seguridad de las empresas. Las salidas tienen que ser visibles para todas las personas que estén en el establecimiento, tiene que contar con iluminación artificial adecuada, debe tener alarmas para avisar a las personas y agilizar el proceso de evacuación y contar con mínimo dos salidas de emergencia

Escaleras interiores de emergencia:(Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1982) establece que:

- *Toda edificación deberá estar provista de escaleras de emergencia.*
- *Características: Construcción fija y permanente, libre de obstáculos, ancho mínimo de 1 m.*
- *Contrahuella de una altura máxima de 20 cm.*
- *Ancho mínimo de la huella 24 cm.*
- *No debe haber escalones en abanico.*
- *Las huellas de las escaleras y de los pisos de descanso deberán ser de material rígido y de difícil combustión.*
- *Pasamanos en un rango de 75 cm mínimo y 85 cm máximo.*
- Rampas: Las plantas industriales deben tener rampas con una inclinación adecuada y con material antideslizante.

Resolución 2400 de 1979: es una normativa que define las disposiciones de higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo. En esta resolución se exponen aspectos que deben considerar las instalaciones industriales para garantizar la seguridad y salud en el trabajo como:

- Se deben tener en cuenta los requisitos para corredores y pasillos. (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1979 establece en el artículo 12 que, la anchura mínima de los pasillos y corredores interiores de los locales de trabajo será de 1,20 metros.
- Artículo 12, parágrafo 1, menciona que la distancia mínima que debe haber entre las máquinas y los trabajadores para evitar un accidente es de 0,80 metros.
- Artículo 13, la altura mínima que debe tener todo lugar por donde transite los trabajadores será de 1,8 metros.
- Artículo 28, No se permitirán espacios entre máquinas o equipos, o entre éstos y muros, paredes u otros objetos estacionarios menores de 40 centímetros de ancho por donde pudieran transitar personas. Si existiera una condición similar se deberán resguardar o cerrar el paso con barreras.

3.2.6 Método de Guerchet:

El método de Guerchet es un método para determinar las áreas requeridas para el puesto de trabajo, para ello es necesario conocer el número y tamaño de las máquinas y equipos necesarios para la producción, adicionalmente, se tiene en cuenta requerimientos de personal y consideraciones respecto al inventario del proceso.

De acuerdo con Cuatrecasas (2012) se puede determinar la superficie total requerida por el área a través de la siguiente fórmula:

$$S_T = S_s + S_g + S_e$$

S_T : Superficie Total

S_s : Superficie Estática

S_{gs} : Superficie Gravitacional

S_e : Superficie de Evolución

Donde, la superficie estática se puede definir como el área que ocupan las máquinas y equipos, la superficie gravitacional es el área que ocupa el operario y el material (herramientas) necesario para ejercer su trabajo, y la superficie de evolución es comprendida por el área que separa los puestos de trabajo entre sí, para su mayor comprensión, la manera de calcular tanto la superficie gravitacional como la superficie de evolución se describen a continuación:

- Superficie gravitacional: matemáticamente la superficie gravitacional es la multiplicación de la superficie estática por el número de lados de trabajo (N), que se traduce como la cantidad de lados por los cuales es operada la máquina en cuestión.

$$S_g = S_s \times N$$

N : Número de lados de trabajo

- Superficie de evolución: es el espacio necesario para el correcto flujo entre los puestos de trabajo de personas, equipo y medios de transporte, matemáticamente se calcula así

$$S_e = (S_s + S_g)K$$

K : Coeficiente de evolución

El coeficiente de evolución (K) es un valor promedio de las alturas de los elementos móviles y estáticos.

$$K = \frac{h_{EM}}{2h_{EE}}$$

Donde,

$$h_{EM} = \frac{\sum_{i=1}^r S_s \times n \times h}{\sum_{i=1}^r S_s \times n}$$

r: Variedad de elementos móviles

S_s = Superficie estática de cada elemento móvil

h: Altura de cada elemento móvil

n: Número de elementos móviles

$$h_{EE} = \frac{\sum_{i=1}^t S_s \times n \times h}{\sum_{i=1}^t S_s \times n}$$

t: Variedad de elementos estáticos

S_s = Superficie estática de cada elemento

h: Altura de cada elemento estático

n: Número de elementos fijos

3.3 Contribución Intelectual o Impacto del Proyecto

Con este proyecto se busca contribuir a la gestión de planeación de las empresas en lo que corresponde a la estimación del tamaño de las instalaciones. Se pretende brindarles a los propietarios de la empresa Estructuras y Montajes S.A.S una herramienta que les facilite la toma de decisiones frente a situaciones de adquisición o alquiler de terrenos o locales, compra de equipos, etc. El planeamiento del desarrollo de la herramienta es para uso en la empresa, posteriormente como el desarrollo de la herramienta fue exitoso, se puede ampliar su aplicación a otras empresas de tipo metalmecánicas y otros sectores industriales

4 Metodología

Este proyecto de grado se centra en 4 pasos para su desarrollo, obtención de los datos básicos, análisis de factores, diseño de la herramienta y validación de esta. A continuación, se muestra cada paso de forma detallada:

1. Se evaluó la situación actual de la empresa

1.1. Se realizó el diagrama de proceso

1.2 Obtención de las variables

1.2.1 Se realizó una visita para definir las máquinas y equipos que utilizan en su proceso productivo, determinar los tipos de inventario e identificar las áreas de la empresa.

2. Análisis de variables

2.1 Se definieron variables como: materiales, maquinaria, operarios, manejo de materiales, almacenamiento, retrasos, y características de las instalaciones

2.2 Se crearon bases de datos con información de las variables a usar en la herramienta de estimación, de manera que se automatizará el manejo de esta.

2.3 Se realizó una visita para caracterizar las variables identificada en la primera visita

3. Se diseñó y desarrolló una herramienta para la determinación del tamaño real de las instalaciones de la empresa Estructuras y Montajes S.A.S

3.1 Se utilizó el método Guerchet para determinar los espacios físicos que requiere la planta de producción.

3.2 Se utilizaron las normas de seguridad y salud en el trabajo en Colombia vigentes para determinar los espacios físicos que requiere la planta de producción.

3.3 Se relacionaron las diferentes variables para la ejecución de la herramienta de estimación, sea asociaron máquinas y equipos a sus materias primas o productos en proceso y a sus respectivos departamentos, posteriormente se conglomeraron, con esto se obtuvo un estimado de áreas por departamentos y un área total estimada.

4. Se validó la herramienta diseñada en la empresa Estructura y Montajes S.A.S. para ello se comparó el resultado de la herramienta con las dimensiones actuales de la empresa.

5 Resultados

5.1 Presentación y discusión de resultados

De acuerdo con los objetivos planteados anteriormente, y con el fin de presentar el desarrollo de estos, en esta sección se presenta detalladamente el avance y desarrollo de los objetivos y sus entregables.

Antes de identificar y caracterizar las variables es necesario definir la actividad económica de la empresa, después de establecer contacto con los directivos de la empresa y realizar consulta de bibliografía se logró establecer de manera breve el proceso productivo de la empresa EME S.A.S., para lo cual se registraron las operaciones de la empresa por medio de un diagrama de flujo, el cual se detalla a continuación:

ESTRUCTURAS Y MONTAJES EUROPA S.A.S.

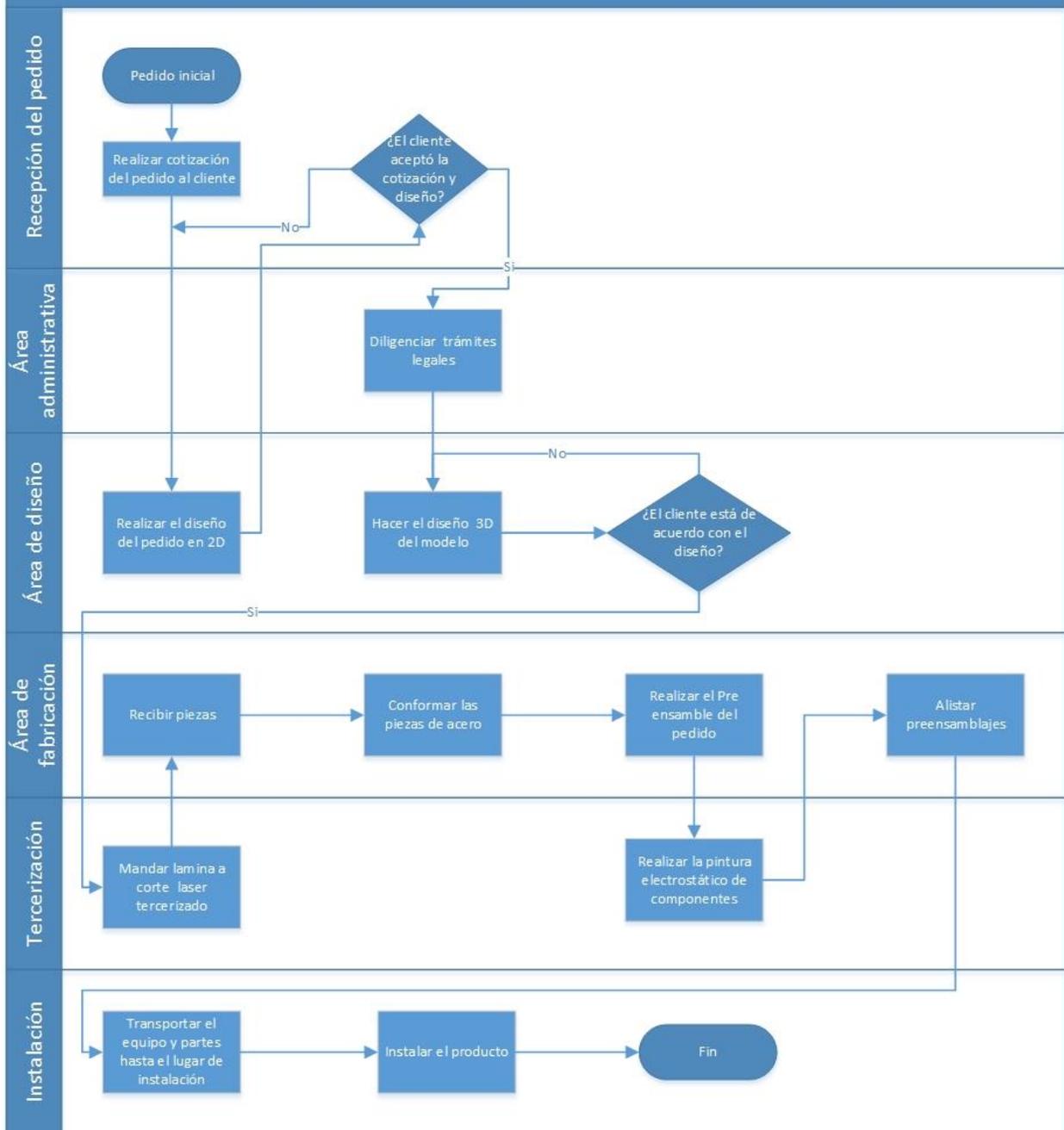


Ilustración 3-Diagrama de proceso de la empresa EME S.A.S
Fuente: Adaptación propia

Tras las visitas realizadas a la empresa Estructuras y Montajes Europa S.A.S, se pudo ver con claridad la problemática que presenta, la cual se centra en el

espacio insuficiente y desorden en algunas máquinas, equipos y materiales, a continuación, se presenta evidencia que sustenta dicha afirmación.



Ilustración 4-Instalaciones EME S.A.S

Fuente: Adaptación propia

Antes de iniciar las operaciones, la empresa Estructuras y Montajes Europa S.A.S. no consideró el espacio que se requería para ubicar las máquinas, los insumos utilizados y los espacios que exige la normativa colombiana para la seguridad del trabajador. Lo que conllevó a la problemática que aborda el proyecto

5.1.1 Identificación de variables

En el caso específico de la empresa Estructuras y Montajes Europa S.A.S., y tras tres visitas de alrededor de cuatro horas cada una, se identificaron variables útiles para el desarrollo de la herramienta, estas variables se listan a continuación.

- Máquinas y equipos:
 - Cizalla
 - Plegadora
 - Taladro de base
 - Montacargas
 - Geka punzonadora
 - Soldador MIG
 - Prensa de banco
 - Máquina de oxicorte
 - Sierra sin fin de cinta
 - Taladro de árbol
 - Compresor

- Carretilla para traslado de motores
- Mesa de montaje
- EME S.A.S maneja 3 tipos de inventarios:
 - Materias primas
 - Producto en proceso
 - Producto terminado
- En cuanto a la mano de obra en EME S.A.S. nos encontramos con:
 - Operarios
 - Diseñador
 - Contador
- Las áreas que EME S.A.S. requiere son:
 - Administrativa
 - Diseño
 - Bodega de materiales
 - Cizallado
 - Escantonado
 - Plegado
 - Preensamble
 - Pintura
 - Preensamble 2
 - Pruebas
 - Alistamiento y despacho

5.1.2 Caracterización de las variables

Una vez identificadas las variables clave para el desarrollo de la herramienta, el paso siguiente fue caracterizar las variables, para lo cual se da una descripción de estas a continuación.

5.1.2.1 Inventarios

Materia prima:

- **Viga HEA 120:** es un producto laminado cuya sección transversal tiene forma de H, mide 114 mm de alto por 120 mm de largo, las presentaciones manejadas por la empresa EME S.A.S. son de 6 y 12 m, se usa para construir la estructura del ascensor.
- **Lámina A36:** es una lámina de acero cuya composición química facilita el proceso de soldado, es usada en una amplia gama de campos de la manufactura, en la industria de los ascensores se usa para construir el

cuerpo o chasis, estas son compradas en presentaciones de 6 m o 2,44 m por 1,22 m, con un calibre de 3mm.

- **Tubería A36:** perfiles de acero cuadrados de alrededor de 6 m de longitud, es de uso estructural, las presentaciones manejadas por la empresa EME S.A.S. van desde 40 mm x 40 mm por 3 mm de espesor, 30 mm x 30 mm por 2.5 mm de espesor, y 100 mm x 50 mm por 6 mm de espesor.
- **Láminas de acero inoxidable 304:** las láminas de acero inoxidable 304 son usadas en la parte interna del ascensor, se maneja diferentes presentaciones, las cuales van desde acero inoxidable 304 o 430, ambas con 2,44 m x 1,22 m.
- **Guías de ascensor T70-T40-T89:** las guías de ascensor son cortadas o ensambladas según las especificaciones del producto que se está fabricando, así, estas pueden ser cortadas o ensambladas, estas sirven para guiar el recorrido del ascensor a través del pozo, su longitud es de 5 m.
- **Guaya:** la guaya sirve para elevar o bajar el ascensor, su bobinado o des bobinado determina si el ascensor sube o baja, los calibre manejados por la empresa son de 8 mm y 6mm.
- **Sistema eléctrico de frenado:** las dimensiones son 50 cm x 30 cm x 170 cm.

Materia en proceso:

- **Columnas conformadas:** las columnas conformadas tienen una longitud de 3 m.
- **Vigas conformadas:** las vigas conformadas tienen una longitud de 160 cm o 180 cm.

Producto terminado: El producto terminado está considerado por el ascensor una vez ha concluido todos los procesos de transformación, éste es el producto que la empresa Estructuras y Montajes Europa S.A.S. comercializa a sus distintos clientes.

5.1.2.2 Máquinas y equipos

- **Sierra sin fin de cinta FAT MOD 370:** encargada del corte y perfiles de las láminas en acero. Las dimensiones de la máquina son: cm 190x140x160, altura de la mesa de trabajo: cm. 190 cm x 140 cm x 160 cm.
- **Punzonadora hidráulica de un cilindro con 3 áreas de trabajo marca Geka:** Se encarga de perforar y conformar las láminas de acero.
- **Taladro magnético MDE 42 marca milwaukee electric tool:** se utiliza para realizar las perforaciones, este taladro tiene un beneficio particular, mejora el control y seguridad del operario.

- **Equipo de Soldar MIG Miller Millermatic 252:** Es utilizado para soldar las piezas del ascensor después del pre armado.
- **Plegadora:** Es utilizada para doblar láminas de acero.

Para el desarrollo de satisfactorio de la herramienta es importante tener en cuenta las dimensiones de inventarios, maquinaria y equipos, para esto se listan a continuación, los inventarios, maquinaria y equipos con sus respectivas dimensiones, adicionalmente se anexa una tabla con las fotografías e ilustraciones de maquinaria, equipos e inventarios de la empresa EME S.A.S.

Tabla 1- Especificación de maquinarias, equipos e inventarios en EME S.A.S

Fuente: Elaboración propia

Materia prima	Especificación
HEA	600 cm - 1200 cm
Lámina A36	Dimensiones: 600cm x 122 m - 244 cm x 122 cm Calibre 3 mm
Tubería A36	La empresa maneja 4 tipos de tuberías: Dimensiones 40 cm x 40 cm Calibre 3 mm Dimensiones 200 cm x 200 cm Calibre 7mm Dimensiones 30 cm x 30 cm calibre 2,5 mm

	Dimensiones 100 cm x 50 cm Calibre 6 mm
Acero inoxidable 304 y 430	Dimensiones 244 cm x 122 cm
Guaya	8 mm 6 mm
Guías de ascensor (T70)	500 cm
Parte eléctrica de frenado	50 cm x 30 cm x 170 cm
Materia prima en proceso	
Columnas conformadas	300 cm
Vigas conformadas	160 cm 180 cm
Máquina y equipos	
Escantonadora	120 cm x 120 cm
Geka Microcrop punzonadora	1100 cm x 760 cm
Soldador Mig-Mullermatic 252	101 cm x 48 cm x 76 cm
Prensa	40 cm x 30 cm
Oxicorte	100 cm x 40 cm x 150 cm

Sierra sin fin-FAT MOD 370 de cinta	190 cm x 140 cm x 160 cm
Taladro de árbol	42,5 cm x 42,5 cm x 164 cm
Compresor	60 cm x 50 cm x 150 cm
Carreta para mover motores	60 cm x 100 cm
Mesa de montaje	120 cm x 244 cm x 95 cm
Cizalla	En proceso
Esmeril de banco (pulidora)	50 cm x 40 cm

5.1.2.3 Áreas de la empresa

Para el desarrollo satisfactorio de la herramienta de estimación es necesario tener conocimiento de las áreas productivas implicadas en el proceso productivo de la empresa EME S.A.S., para lo cual se identifican y caracterizan las áreas a tener en cuenta.

- **Área administrativa:** El área administrativa es el lugar donde se llevarán a cabo todas las funciones administrativas de la empresa EME S.A.S., para la cual es necesario tener en cuenta que el área en cuestión es ocupada por alrededor de tres trabajadores, entre los cuales se encuentran, la secretaria, la administradora y el gerente general, en esta área también tienen almacenada documentación referente a las actividades de la empresa, registros de compra de materiales e insumos, además de registros de ventas.
- **Área de diseño:** En el área de diseño se llevan a cabo el diseño y las prácticas de calidad concernientes a los productos que se piensan fabricar, dado que un ascensor o una estructura metálica son en la mayoría de los casos para usos o lugares de instalación completamente diferentes, es necesario cuando alguno de los productos ya diseñados no se adecua a las necesidades del cliente, diseñar desde el principio el ascensor y/o la estructura metálica, debido al incremento repentino de la demanda de ascensores y estructuras metálicas, el área de diseño se ha convertido en un área crucial para el éxito de EME S.A.S., el cumplimiento

y la realización correcta de las actividades de esta área garantiza que los proyectos y pedidos de los clientes empiecen a tiempo.

- **Bodega de materia prima:** En esta área se almacenan todas las materias primas e insumos necesarios para la fabricación de ascensores y estructuras metálicas, debido a la complejidad y el alto costo que tendría fabricar algunos componentes de los ascensores, gran parte de estos son traídos desde otros lugares del mundo, lo cual implica que algunos componentes tengan altos niveles de stock, debido al alto lead time, a la fecha a la cual fue redactado este documento, la organización de las materias primas y los insumos dentro de la bodega de materia prima era baja, cabe aclarar también, que en las actuales instalaciones de la empresa EME S.A.S. existen materias primas que no son almacenadas directamente en la bodega de materia prima, estos son ubicados justo después de la entrada principal de las instalaciones., también de manera inadecuada y con bajo aprovechamiento del espacio.
- **Área de cizallado:** En el área de cizallado se llevan a cabo los cortes a las láminas de acero inoxidable, es en esta área donde se encuentra la cizalla, los cortes que se realizan en esta área son considerados sencillos, un corte complejo es tercerizado, en general en esta área solo se realizan cortes rectos sobre las láminas de acero inoxidable.
- **Área de escantonado:** En el área de escantonado se realizan las perforaciones o muescas necesarias en las láminas de acero inoxidable o las guías de ascensor, entre otras. La máquina que se usa en esta área es la escantonadora.
- **Área de plegado:** El área de plegado es la que se encarga de doblar las láminas de acero inoxidable, en esta área se lleva a cabo el conformado de las láminas que han sido cortadas y escantonadas previamente. La máquina encargada de doblar las láminas de acero inoxidable es la plegadora.
- **Área de preensamble:** En el área de preensamble se ubican algunos componentes que ya han sido conformados o que ya han pasado por procesos previos, estos componentes son ensamblados y luego son llevados hasta una empresa encargada de agregar la pintura electrostática, a futuro, la empresa EME S.A.S. tiene planeado ubicar un área dedicada exclusivamente a pintura.
- **Área de pintura:** La empresa actualmente terceriza la pintura, sin embargo, tienen visualizado para la nueva planta destinar un área para este proceso. El tipo de pintura que utiliza es de tipo electrostático, la cual consiste en recubrir como un fluido, de polvo seco
- **Área de Preensamble 2:** En esta área se realiza un preensamble de todas las piezas para asegurar su precisión en el ensamble. Una vez se realiza el preensamble se separan de nuevo las piezas para después instalarse donde el cliente.
- **Área de Pruebas:** En el área de pruebas se realizan las verificaciones de seguridad de los ascensores, se llevan a cabo los procedimientos que

garantizan la calidad de los productos que la empresa EME S.A.S. ofrece al público.

- **Área de alistamiento y despacho:** En el área de alistamiento y despacho se encarga de controlar, organizar, acomodar, supervisar y despachar los productos terminados.

5.2 Programación de la herramienta

En el desarrollo de la herramienta de estimación se llevó a cabo la programación de un archivo de Excel con el uso de programación avanzada en Visual Basic, el uso de macros personalizadas que tenían el objetivo de brindar una experiencia intuitiva y amigable para el usuario, se configuró la herramienta de tal manera que el usuario tuviera acceso a una base de datos creada para la empresa en cuestión, y de la misma manera pudiera ingresar datos que considere necesarios que no se encuentren en esta. Se buscó que el usuario tuviese que hacer la mínima cantidad de operaciones y digitación de datos posible y que el funcionamiento de la herramienta sea correcto, sin presentar en lo posible errores que impidan ejecutar correctamente el fin último de la herramienta de estimación.

5.3 Validación de la herramienta

Esta parte del proyecto se dividió en dos partes: validación de la funcionalidad de la herramienta por parte de los desarrolladores y la validación de la herramienta por medio empresarios de la empresa en cuestión para determinar la funcionalidad y amigabilidad con el usuario de esta.

En la validación de la funcionalidad se ingresaron los datos de la empresa EME S.A.S., con los cuales se obtuvo la siguiente información:

Etiquetas de fila	Area [m²]
	0,00
Administrativa	19,69
Alistamiento y despacho	23,84
Bodega Materia Prima	71,70
Cizallado	35,64
Diseño	11,35
Escantonado	26,10
Pasillo de montacargas	39,26
Pintura	7,04
Plegado	17,00
Preensamble	38,54
Preensamble2	38,54
Pruebas	27,83
Total general	356,54

Ilustración 5-Departamentos son áreas
Fuente: Elaboración propia

La herramienta sugiere que con el método de Guerchet la empresa requiere de 355,54 m², sin embargo, al tener presente en la normativa colombiana, este valor aumenta a 401,89 m². El valor suministrado por la herramienta cuantifica la problemática planteada de espacio suficiente de la empresa en cuestión para el desarrollo de este proyecto.

5.3.1 Comparación del resultado con el tamaño actual de la empresa EME S.A.S.

Una vez obtenida el área con los datos ingresados por parte del usuario, se procedió a comparar este valor con el de los planos suministrados por la

empresa, los cuales corresponden al proyecto de traslado de sus instalaciones a un espacio donde el área permitiese los flujos de materiales y personas y también, en donde se respeten las normas de seguridad y salud en el trabajo.

Así, el resultado obtenido con la herramienta de estimación como se mencionó en el punto anterior fue de 401,89 m², confirmando así la problemática de espacio insuficiente por la que pasa la empresa que se detectó tras las visitas realizadas.

5.4 Beneficios de la herramienta

Iniciar operaciones industriales de una pequeña o mediana empresa perteneciente a un sector con alta fluctuación en la demanda en espacios no adecuados, influye considerablemente en la capacidad de respuesta que estas tienen ante incrementos de la demanda, para el caso particular de la empresa en cuestión, el área de sus instalaciones industriales es insuficiente y genera flujos cruzados de materiales, lo que desencadena en una baja capacidad de respuesta a cambios repentinos de la demanda experimentados en los últimos años. y personal, en ese sentido la herramienta de estimación desarrollada trae los siguientes beneficios al usuario:

La herramienta permite al usuario cuantificar el espacio en metros cuadrados que necesita para el correcto desempeño de su actividad económica, esto es importante para la empresa, pues sin antes decidir el espacio donde comenzar sus operaciones tiene conocimiento de un valor próximo al que necesitará, podrá elegir un espacio que se adecue a este.

De una forma fácil y rápida, la herramienta de estimación simplifica el cálculo del área adecuada para un proceso productivo, brinda a los usuarios una interfaz amigable e intuitiva, la cual permite familiarizarse rápidamente con la misma, de este modo, se busca impactar positivamente a pequeñas y medianas empresas de la región. Brindando una herramienta capaz de impulsar técnicas de ingeniería en pequeñas y medianas empresas cuya capacidad económica posiblemente no dé cabida a una planeación estratégica de los espacios físicos adecuados.

5.5 Instructivo para el usuario

A continuación, se presenta un manual para el manejo de la herramienta para el entendimiento del uso de la herramienta de estimación.

5.5.1 Inicio

Al ingresar a la herramienta de estimación, se observa la hoja de inicio, en la cual se muestran el logo de la empresa junto a un botón "CALCULAR ÁREA", este botón calcular dirige al usuario a la hoja "CalculoÁrea", en la cual el usuario

encontrará las tablas que permiten seleccionar o ingresar maquinaria o equipo para el cálculo del área de la instalación industrial.



Ilustración 6-Hoja de inicio de herramienta de estimación.
Fuente: Elaboración propia

5.5.2 Calcular el área

En la hoja “CalculoÁrea” el usuario tiene la opción de seleccionar la máquina o equipo que requiere para llevar a cabo sus actividades industriales, la herramienta de estimación se diseñó de tal forma que el usuario siga las indicaciones que se presentan en los siguientes ítems. Adicionalmente para facilitar el uso de la herramienta, se definieron dos colores, verde para que el usuario seleccione un dato de la base de datos y naranja para que ingrese los valores que necesita.

IMPORTANTE: El usuario puede elegir la información de la base de datos y también agregar datos a esta

Celdas que se pueden modificar por el usuario

Celdas con lista desplegable para que el usuario seleccione

	Nombre	Largo [m]	Ancho [m]	Alto [m]	Lados de trabajo	Unidades	Área o Departamento	Materia prima en proceso asociada	Factor de Área MP
Seleccionar maquinaria o equipo	Mesa de montaje	1,2	2,44	0,95	4	1	Pruebas	Ascensor terminado	0,1

Insertar

	Nombre	Largo [m]	Ancho [m]	Alto [m]	Lados de trabajo	Unidades	Área o Departamento	Materia prima en proceso asociada	Factor de Área MP
Agregar maquinaria o equipo	Montargas	1,9	1,2	1,37	4	1	Pasillo de montacargas	Lámina A36 (2,44x 1,22)m	1

Insertar

Agregar a la base de datos

	Materia prima en proceso	Largo [m]	Ancho [m]
Agregar materias primas	MPs	0	0

Insertar

Ilustración 7-Hoja para ingresar datos
Fuente: Elaboración propia

5.5.3 Agregar áreas o departamentos

Las áreas o departamentos con las que cuenta la instalación industrial son agregadas manualmente, para ello en la celda “C1” se digita el nombre del área, el usuario realiza este paso para cada área o departamento por separado, tras pulsar el botón “Insertar área o departamento” ubicado al lado derecho de la celda “C1”, permite que la herramienta de estimación guarde internamente las áreas o departamentos de la instalación industrial dentro de la base de datos.

	A	B	C	D	E	F	G
1		Agregar Área o Departamento	Diseño	Insertar área o departamento			

Ilustración 8-Sección para agregar áreas o departamentos.

Fuente: Elaboración propia

La información añadida en esta sección no es visible para el usuario, ésta es almacenada en la tabla “Áreas o departamentos ingresados por el usuario” de la base de datos explicada en el numeral 5.5.7.

Las áreas o departamentos deben ser los primeros datos para ingresar por el usuario, puesto que estas se asocian posteriormente a las referencias de máquinas o equipos.

5.5.4 Agregar materias primas

En esta sección el usuario agrega las materias primas que demanda su proceso productivo. En la celda “C19” el usuario ingresa el nombre de la materia prima, en la celda “D19” el largo en de la materia prima en metros y en la “E19” el ancho, al igual en metros, finalmente se agregan estos valores con la tecla “insertar”.

	B	C	D	E	F	G
18		Materia prima en proceso	Largo [m]	Ancho [m]		
19	Agregar materias primas	MPs	0	0	Insertar	
20						

Ilustración 9- Sección para agregar materias primas

Fuente: Elaboración propia

De igual forma, tal como sucede con las áreas o departamentos agregados, las materias primas son almacenadas en la tabla “*Base de datos con información de materias primas*” explicada en el numeral 5.5.7.

Los datos almacenados en esta tabla son posteriormente asociados a las referencias de máquinas o equipos.

5.5.5 Seleccionar máquinas o equipos

En esta sección las máquinas o equipos se encuentran registrados en la base de datos, para ello en la celda “C4” se selecciona la maquinaria o equipo necesario desplegando la lista que permite visualizar la maquinaria o equipo almacenada en la base de datos, inmediatamente la información del largo, ancho, alto y lados de trabajos se asocian a la referencia seleccionada. En esta parte el usuario agrega en la celda “H4” la cantidad de dicha referencia y en la celda “I4” seleccionar de la base de datos el área o departamento al que pertenece la máquina o equipo, esta área debió ser previamente agregada por el usuario a la base de datos como se menciona en el numeral 5.5.3, es necesario también que el usuario asigne a la referencia seleccionada la materia prima en proceso asociada, para lo cual se despliega la lista que contiene las materias primas del proceso, para seleccionar la materia prima asociada a la máquina o equipo en cuestión, el usuario debe seleccionar dicha materia prima de la lista desplegable que se encuentra en la celda “J4”; de la celda “K4” se selecciona el “Factor de área de MP”, el cual se estableció en valores de 10%, 25%, 50%, 75% y 100%, esto debido principalmente a que el área que una materia prima ocupa en una máquina puede variar considerablemente una vez es procesada, por esto se planteó al usuario destinar solamente un porcentaje del área total de la materia prima al almacenamiento provisional en la maquinaria o equipo en cuestión. Finalmente se pulsa el botón “Insertar” ubicado en la parte derecha de la celda “L4”, esto permite que la referencia seleccionada sea agregada a la tabla “*Tabla de cálculos*”, de la sección 5.8 que contiene la maquinaria y equipos, así como datos el área necesaria para dicha referencia.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
3		Nombre	Largo [m]	Ancho [m]	Alto [m]	Lados de trabajo	Unidades	Área o Departamento	Materia prima en proceso asociada	Factor de Área MP		
4	Seleccionar maquinaria o equipo	Taladro Magnético Press 2inch Dewalt Dwe1622k 2speed	0,51	0,17	0,5	1	1	Pruebas	Ascensor terminado	0,1		Insertar
5												
6												

Ilustración 10-Sección para seleccionar referencias de maquinaria o equipos registrada en la base de datos.

Fuente: Elaboración propia

5.5.6 Agregar maquinaria o equipo

Dado que existe la posibilidad de que el usuario no encuentre maquinaria o equipo en la lista desplegable de la sección anterior, se permitió la posibilidad de

que el usuario pudiera agregar información de referencias no almacenadas en la base de datos, para esto el usuario digita la información de la referencia a registrar en el rango de celdas “C9:H9”, los parámetros a registrar van desde el nombre, el largo, ancho, lados de trabajo y unidades; entre los cuales vale la pena recalcar que “Lados de trabajo hace referencia a la cantidad de lados a los que se accede normalmente a una máquina para trabajar. Posteriormente, de igual forma que para la maquinaria y equipo ya registrada en la base de datos, se asocia la maquinaria o equipo nueva un área o departamento, así como la materia prima que se procesa en ésta con su respectivo factor de área.

Una vez el usuario digitó estos valores, tras la pulsación del botón “Insertar”, ubicado al lado derecho de la celda “L9”, los datos se agregan a la tabla “*Tabla de cálculos*”, que contiene la maquinaria y equipo mencionada en el numeral anterior, el usuario puede de igual forma agregar esta referencia que no estaba registrada a la base de datos de la herramienta de estimación, pulsando el botón “Agregar a la base de datos” ubicado en la parte derecha de la celda “L10”, esta acción agrega los datos de la referencia en cuestión a la tabla “*Base de datos con información de referencias de maquinaria y equipos*” explicada en el numeral 5.5.8, teniendo en cuenta que no se cometan errores, tal como agregar valores alfabéticos en las medidas de la referencia.

Tal como se muestra en el ejemplo de la ilustración 7, el usuario agregó una máquina con nombre “Mesa de montaje”, para la cual también ingresó los valores del largo, ancho y alto en metros, los lados de trabajo, la cantidad requerida en unidades y el área o departamento al que pertenecen.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
8		Nombre	Largo [m]	Ancho [m]	Alto [m]	Lados de trabajo	Unidades	Área o Departamento	Materia prima en proceso asociada	Factor de Área MP		
9	Agregar maquinaria o	Horno de pintura electrostática	2,1	3	2,6	1	1	Escantonado	Lámina A36 (2,44x 1,22)m	0,1		Insertar
10												
13												
14												
15												Agregar a la base de datos

Ilustración 11-Sección para agregar referencias de maquinaria o equipo que no se encuentra registrada en la base de datos.

Fuente: Elaboración propia

5.5.7 Base de datos

En la Hoja “Datos” se diseñaron tres tablas, la primera de ellas fue diseñada para almacenar los datos de Máquinas y equipos utilizados en empresas del sector metalmeccánico, cuyos parámetros están comprendidos por el largo, ancho, y alto en metros y el número de lados de trabajo de cada uno. En dicha tabla existen datos preestablecidos referentes a maquinaria y equipo investigado, sin embargo, existe la opción de agregar nueva información. La tabla 2 se diseñó para almacenar la información de áreas o departamentos que necesita la empresa para su correcto funcionamiento, finalmente la última tabla fue creada

con el fin de almacenar los datos de medidas espaciales de las materias primas, las tablas se presentan a continuación.

Máquinas y equipos	Largo	Ancho	Alto	Lados de trabajo
Cizalla	3,73	2,4	1,8	1
Plegadora	3,1	1,355	2,5	1
Montacargas	1,9	1,2	1,37	4
Escantonadora	1,2	1,2	1,2	3
Geka punzonadora	1,1	0,76	1,8	3
Soldador MIG	1,01	0,48	0,76	4
Prensa de banco	0,4	0,3	1,2	3
Máquina de oxicorte	1	0,4	1,5	4
Sierra sin fin de cinta	1,9	1,4	1,6	1
Taladro de árbol	0,425	0,425	1,64	3
Compresor	0,6	0,5	1,5	4
Carretilla para traslado de motores	0,6	1	1	4
Mesa de montaje	1,2	2,44	0,95	4
Cizalla mecánica KMT B 2552 NC SERIE Knuth Machine Tools	3,02	1,8	1,25	1
Cizalla mecánica KMT B 2554 NC SERIE Knuth Machine Tools	3,07	1,87	1,27	1

Ilustración 12-Base de datos con información de referencias de maquinaria y equipos

Fuente: Elaboración propia

Área o Departamento
Administrativa
Diseño
Bodega Materia Prima
Cizallado
Escantonado
Plegado
Preensamble
Pintura
Preensamble2
Pruebas
Alistamiento y despacho

Ilustración 13-Áreas o departamentos ingresados por el usuario

Fuente: Elaboración propia

Materia prima en proceso	Largo	Ancho	Área
Viga HEA 60x60	0,6	1,2	0,72
Lámina A36 (0,6 x 1,22)m	0,6	1,22	0,732
Lámina A36 (2,44x 1,22)m	2,44	1,22	2,9768
Tubería A36	0,4	0,4	0,16
Acero inoxidable 304 y 430	2,44	1,22	2,9768
Guaya	0,4	0,4	0,16
Guías de ascensor (T70)	0,3	5	1,5
Parte eléctrica de frenado	0,5	0,3	0,15
Columnas conformadas	0,4	3	1,2
Vigas conformadas	0,4	1,8	0,72

Ilustración 14-Base de datos con información de materias primas
Fuente: Elaboración propia

5.5.8 Cálculos

Esta sección (tabla) no es manipulable por el usuario, su fin consiste en almacenar las máquinas o equipos que el usuario agrega, así como realizar los cálculos pertinentes aplicando el Método de Guerchet, las operaciones cuantitativas realizadas tienen en cuenta cada máquina o equipo, así como área destinada a sus materias primas y a el correcto flujo de materiales y personas. A continuación, se detalla dicha tabla.

Máquinaria y equipo	Larg	Anch	Alto	Lados de trab	Unidad	Área o Departamen	Materia prima en proceso asoci	Factor de Área MP
Escritorio	1,2	1	1	1	3	Administrativa	N/A	0,25
Silla	0,4	0,4	1	1	8	Administrativa	N/A	0,25
Fotocopiadora CLX-8385ND	0,6	0,6	0,8	1	1	Administrativa	N/A	0,25
Ascensor terminado	1,9	2,1	3,99	0	4	Alitamiento y despacho	Ascensor terminado	1
Bodega MP	6	4	3	1	1	Bodega Materia Prima	MPs	1
Cazalla	3,73	2,4	1,8	1	1	Cazallado	Lámina A36 (2,44x1,22)m	1
Escritorio	1,2	1	1	4	1	Diseño	N/A	1
Estantería	0,75	0,3	1,8	3	3	Administrativa	N/A	1
Silla	0,4	0,4	1	4	2	Diseño	N/A	1
Escantonadora	1,2	1,2	1,2	3	2	Escantonado	Lámina A36 (2,44x1,22)m	0,5
Horno de pintura electrostática	2,1	3	2,6	1	1	Pintura	Lámina A36 (2,44x1,22)m	0,25
Plegadora	3,1	1,355	2,5	1	1	Plegado	Lámina A36 (2,44x1,22)m	0,5
Mesa de montaje	1,2	2,44	0,95	4	1	Preensamble	Lámina A36 (2,44x1,22)m	0,75
Mesa de montaje	1,2	2,44	0,95	4	1	Preensamble2	Lámina A36 (2,44x1,22)m	0,75
Ascensor terminado	1,9	2,1	3,99	0	1	Pruebas	Ascensor terminado	0,1
Mesa de montaje	1,2	2,44	0,95	4	1	Pruebas	Ascensor terminado	0,1
Montargas	1,9	1,2	1,37	4	1	Pasillo de montacargas	Lámina A36 (2,44x1,22)m	1

Ilustración 15-Tabla de cálculos, parte 1
Fuente: Elaboración propia

Área MP	Área x Máquina(s) [m	Superficie estática	Superficie gravitaciona	Superficie de evolución	Superficie total St
0	3,6	3,6	3,6	3,532675325	10,73267532
0	1,28	1,28	1,28	1,256062338	3,816062338
0	0,36	0,36	0,36	0,353267532	1,073267532
0	15,96	15,96	0	7,830763636	23,79076364
0	24	24	24	23,55116883	71,55116883
2,9768	11,9288	11,9288	11,9288	11,70571595	35,56331595
0	1,2	1,2	4,8	2,943896104	8,943896104
0	0,675	0,675	2,025	1,324753247	4,024753247
0	0,32	0,32	1,28	0,785038961	2,385038961
2,9768	4,3684	4,3684	13,1052	8,573410494	26,04701049
2,9768	7,0442	7,0442			7,0442
2,9768	5,6889	5,6889	5,6889	5,582510182	16,96031018
2,9768	5,1606	5,1606	20,6424	12,66022519	38,46322519
2,9768	5,1606	5,1606	20,6424	12,66022519	38,46322519
0	3,99	3,99	0	1,957690909	5,947690909
0	2,928	2,928	11,712	7,183106494	21,82310649
2,9768	5,2568	5,2568	21,0272	12,89622753	39,18022753

Ilustración 16-Tabla de cálculos, parte 2
Fuente: Elaboración propia

5.5.9 Área por departamentos

Se creó el botón “ÁREA POR DEPARTAMENTO”, este se ubica al lado de la celda “A32” en la hoja “CalculoÁrea”, este se presenta a continuación

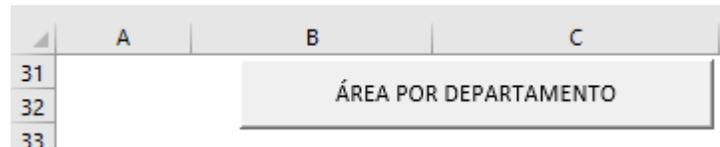


Ilustración 17-botón de acceso al resultado de las áreas por departamentos
Fuente: Elaboración propia

Este botón se creó con el fin de visualizar las áreas asignadas a cada departamento, el botón mencionado anteriormente fue diseñado para crear una tabla dinámica en la hoja “ÁreaxDepartamento” capaz de presentar las áreas que cada maquinaria o equipo ocupa en el respectivo departamento, de la misma manera presenta el total de máquinas o equipos por cada departamento, la cual se presenta a continuación.

	B	C	D
3	Valores		
4	Etiquetas de fila	▼ Área [m ²]	Cantidad máquinas o equipos
5	☰	0,00	1
6		0,00	1
7	☰ Alistamiento y despacho	139,28	6
8	Plegadora HBM 3165 Machine Tools	139,28	6
9	☰ Escantonado	94,19	4
10	Mesa de montaje	94,19	4
11	Total general	233,47	11

Ilustración 18-áreas y maquinaria o equipos por departamentos
Fuente: Elaboración propia

5.6 Validación de la herramienta de estimación

5.6.1 Digitación de los datos

Inicialmente se consultó información necesaria para la puesta en marcha de la herramienta de estimación, la información está comprendida por los siguientes datos:

5.6.1.1 Maquinaria y equipo

El funcionamiento de la herramienta se basa en la relación existente entre maquinaria usada en la empresa EME S.A.S, su relación con las diferentes materias primas y productos en proceso, así como de los diferentes departamentos establecidos previamente, de este modo, se investigó diferentes fuentes con el fin de obtener información precisa acerca de la maquinaria y equipo usada en la empresa EME S.A.S. La información necesaria comprendía las medidas especiales para cada referencia de máquina o equipo, esto es, el largo, ancho y alto; también fue necesario identificar el número de lados de trabajo de cada referencia, así, la maquinaria o equipo necesaria para la ejecución de la herramienta de estimación se agregó a la base de datos que se detalla a continuación.

Máquinas y equipos	Largo	Ancho	Alto	Lados de trabajo
Taladro de base magnética Dewalt Modelo Dwe1622k-b3	0,28	0,12	0,35	1
Taladro Base Magnetica 2.3/8 X 3" 110v Hougen Hmd505	0,58	0,12	0,2	1
Taladro Magnético Press 2inch Dewalt Dwe1622k 2speed	0,51	0,17	0,5	1
Taladro De Prensa Magnetico Con 12 D Steel Dragon Tools Md13	0,37	0,37	0,21	1
Taladro De Arbol Elite Tb500	0,34	0,21	0,6	1
Taladro Columna 1 Hp 12 Vel Alto 160 Cm Discover 1 . Jq5125	0,46	0,9	1,6	1
Soldador Inversor Mig/mag 300 Amp 220/380 V	0,72	0,42	0,71	4
Sungoldpower 200 Amp Mig Mag Arc Mma Stick Multifuncion Dc W	0,49	0,2	0,37	4
Soldador Sweiss Skypulse 3060 Mig/mag Y Mma, 300 Amp, 220v	0,58	0,31	0,6	4
Prensa Banco Stanley # 4 (83-066)	0,22	0,14	0,33	3
Ruteadora Compacta Makita Rt0701c 1-1/4	0,24	0,2	0,15	3
Rebordeadora 6mm 1/4 Pulg 530w Makita Mt M3700g	0,081	0,09	0,19	3

Ilustración 19-Máquinas y equipos
Fuente: Elaboración propia

5.6.1.2 Áreas o departamentos

Del mismo modo en que se listaron la maquinaria y equipo necesarias para la ejecución de la herramienta de estimación, fue necesario agregar a la base de datos de la herramienta las áreas o departamentos identificadas en las visitas de campo, a continuación, se detallan las áreas o departamentos identificadas.

Área o Departamento
Administrativa
Diseño
Bodega Materia Prima
Cizallado
Escantonado
Plegado
Preensamble
Pintura
Preensamble2
Pruebas
Alistamiento y despacho

Ilustración 20-Áreas o departamentos
Fuente: Elaboración propia

5.6.1.3 Materias primas y materiales en proceso

Al igual que la maquinaria y equipo fueron listados, las materias primas y materiales en proceso se listaron, fue necesario agregar a cada materia prima o material en proceso medidas espaciales básicas, como largo y ancho, parámetros necesarios para el funcionamiento de la herramienta de estimación.

Materia prima en proceso	Largo	Ancho	Área
Viga HEA 60x60	0,6	1,2	0,72
Lámina A36 (0,6 x 1,22)m	0,6	1,22	0,732
Lámina A36 (2,44x 1,22)m	2,44	1,22	2,9768
Tubería A36	0,4	0,4	0,16
Acero inoxidable 304 y 430	2,44	1,22	2,9768
Guaya	0,4	0,4	0,16
Guías de ascensor (T70)	0,3	5	1,5
Parte eléctrica de frenado	0,5	0,3	0,15
Columnas conformadas	0,4	3	1,2
Vigas conformadas	0,4	1,8	0,72

Ilustración 21-Materias primas en proceso
Fuente: Elaboración propia

5.6.2 Asociación de parámetros:

Una vez los datos necesarios para el funcionamiento de la herramienta fueron agregados a la base de datos, se procedió a realizar el emparejamiento de los datos, para lo cual, se asoció cada máquina o equipo a las diferentes materias primas o materiales en proceso que iban a ser procesadas en la máquina o equipo en cuestión, así como de su área o departamento, este emparejamiento

tenía el objetivo de encontrar el área requerida para un área o departamento, aglomerando las áreas particulares de cada máquina o equipo, teniendo en cuenta que las materias primas o materiales en proceso eran asociadas a las máquinas o equipos para obtener como resultado el área que estos necesitaban en cada máquina.

5.6.3 Asignación de las normas de seguridad y salud en el trabajo

Es importante asociar las normas de seguridad y salud en el trabajo al tamaño estimado de la planta de producción, para ello la herramienta de estimación tomará en cuenta la cantidad de máquinas que el usuario ingresa y el número de áreas, relacionando estos valores con la distancia de los corredores entre áreas y distancia mínima entre maquinas, el valor 1,20 y 0,40 metros respectivamente, con ello se agregan dos valores asociados a la Resolución 2400 de 1979 en los artículos 12 y 28, una vez obtenida la información necesaria, la herramienta calculará el área con base a las normas que se le adicionará a la obtenida en los puntos anteriores.

5.6.4 Ejecución de la herramienta de estimación

Tras haber ingresado todos los datos requeridos por la herramienta de estimación, en la hoja "CalculoÁrea" se muestra el valor del área requerida para la planta de producción, como se mencionó anteriormente, el cálculo de esta área está basado en la interrelación de maquinaria o equipo, materias primas o materiales en proceso y las diferentes áreas o departamentos identificados en la empresa EME S.A.S.

5.7 Conclusiones

La falta de recursos o capital de medianas y pequeñas empresas del país es un factor clave que influye en el desarrollo e investigación de técnicas en ingeniería, así, el desarrollo de herramientas como la de este proyecto contribuyen a mejorar procesos de planeación, tanto en el corto como en el largo plazo, ésta herramienta brinda una base para el desarrollo de futuros proyectos industriales o proyectos en curso, facilitando y optimizando el cálculo del área adecuada para el correcto funcionamiento del sistema productivo.

Iniciar operaciones industriales de una pequeña o mediana empresa perteneciente a un sector con alta fluctuación en la demanda en espacios no adecuados, influye considerablemente en la capacidad de respuesta que estas tienen ante incrementos de la demanda, para el caso particular de la empresa en cuestión, el área de sus instalaciones industriales es insuficiente y genera flujos cruzados de materiales, lo que desencadena en una baja capacidad de respuesta a cambios repentinos de la demanda experimentados en los últimos años.

El uso de herramientas de ingeniería industrial como lo es el diagrama de Ishikawa es clave en la identificación de situaciones de mejora, así como la identificación de las diferentes causas que originan dichas situaciones, para la empresa en cuestión, el uso de dicha herramienta da como resultado un área insuficiente para la adecuada realización del proceso productivo causado por factores de método, hombre, materiales y medio ambiente.

Llevar a cabo la evaluación de la situación de una empresa permite encontrar situaciones de mejora y establecer puntos estratégicos de partida para el desarrollo de un proyecto, como la clasificación y descripción adecuada de las variables a tener en cuenta para el desarrollo de la herramienta en cuestión, del mismo modo, permite tener claridad y objetividad sobre el enfoque y la situación de mejora a abordar.

La identificación de las variables permite desarrollar una herramienta objetiva y práctica que satisface la problemática de tener espacio insuficiente en las instalaciones productivas de pequeñas y medianas empresas.

Con la validación de la herramienta de estimación en la empresa Estructuras y Montajes Europa S.A.S se puede concluir que esta brinda al usuario la obtención de un tamaño estimado del área requerida para su correcto funcionamiento, en este caso, como los resultados obtenidos se compararon con las dimensiones de los planos suministrados por la empresa en cuestión, se pudo evidenciar que los valores obtenidos son congruentes con el valor actual de la empresa, el valor del área obtenido tras la ejecución de la herramienta de estimación es de 401,89m², en contraste con el valor suministrado de la empresa, sugiere que la

empresa requiere de 101,89m² adicionales para que los flujos dentro de la compañía sean idóneos, con esta diferencia entre el área sugerida por la herramienta y la actual es evidente que no es suficiente la experticia de los empresarios para determinar el tamaño de sus instalaciones, si no es necesario la identificación de todos flujos de materiales, personas y normas.

En conclusión, la herramienta le permite al usuario tener una perspectiva diferente en la toma de decisiones relacionadas con la ampliación de la empresa o compra de nuevas instalaciones, pues tendrá un valor de referencia que tiene en cuenta factores como: demanda, tamaño y cantidad de máquinas, insumos/materia prima y leyes de seguridad y salud en el trabajo.

5.8 Recomendaciones

- La situación de espacio es crítica porque afecta la seguridad de los trabajadores y el flujo de materiales y personas, por lo que se recomienda a los empresarios con un proyecto en etapa inicial evaluar cuál sería el tamaño de las instalaciones ideal que le permita responder a las fluctuaciones de la demanda y satisfacer normativa colombiana referente a la seguridad y salud de los trabajadores.
- La utilidad de la herramienta de estimación se puede trasladar a otros sectores industriales, dada la programación y la interfaz de ésta, la herramienta permite ser implementada en otros sectores productivos con resultados satisfactorios, agregando las áreas, maquinarias y equipos que requieren.
- Se recomienda a la empresa tras obtener el tamaño ideal de su instalación industrial realizar un proyecto de distribución de planta para optimizar los flujos dentro de la empresa y así reducir los desplazamientos innecesarios de los operarios, así como poder responder satisfactoriamente a posibles picos inesperados de demanda.
- Con base a lo observado en las diferentes visitas realizadas a la empresa y la situación respecto a la no demarcación de los pasillos de tránsito y la demarcación de las áreas de maquinaria y equipos, que naturalmente tiene como resultado flujos cruzados, desorden y baja capacidad productiva, se recomienda demarcar adecuadamente las áreas de las máquinas y pasillos de estas con base a la Resolución 2400 de 1979.
- Se sugiere a la empresa desarrollar una planeación de inventarios, para tener claridad de los insumos que se tiene y calcular correctamente cuándo, cuánto y qué pedir a los proveedores, para minimizar el espacio de inventario, teniendo la cantidad óptima para responder a la demanda.
- Se recomienda a la empresa establecer un modelo de proyección de demanda que permita prever el comportamiento del mercado en términos de producción, dicho modelo de proyección puede ser basado en técnicas de planeación de los requerimientos como lo son: Suavización

exponencial simple, método de Winters, proyección de tendencia, el método de Croston, entre otros.

- En relación con la recomendación anterior, se recomienda que dicho modelo de proyección de demanda sea un complemento de la herramienta de estimación desarrollada, con el fin de que la herramienta de estimación tenga un mayor alcance y brinde un número mayor de ayudas a pequeñas y medianas empresas.

BIBLIOGRAFÍA

Cardona, J. Bermúdez, M. (2006). Tercera fase de desarrollo de la herramienta DDP. Diagnóstico de la distribución de planta para micros y pequeñas empresas manufactureras de Cali.

Carro Paz, R., & González Gómez, D. (2013). Organización Industrial. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, 7(Procesos), 23. Obtenido en: http://nulan.mdp.edu.ar/1613/1/08_diseno_procesos.pdf

Cuatrecasas, L (2012). Organización de la producción y dirección de operaciones

HERNÁNDEZ, J. A. (2017). ANÁLISIS DE CAPACIDAD Y DISEÑO DE PLANTA PARA LA LÍNEA BED LAB, ANTES DR. LINHO, DE LÍNEAS HOSPITALARIAS LH S.A.S. Universidad industrial de santander

Mercado de ascensores importados en Colombia. (s.f.). Obtenido en: <https://www.dinero.com/edicion-impresa/negocios/articulo/mercado-de-ascensores-importados-en-colombia/256332>

Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Resolución 2400. , 1979 § (1979

Miranda, R. J., & Rodríguez, I. D. (2008). Rediseño de la distribución de la planta física del área de producción y almacén de la empresa tubos y metales & cia LTDA. Universidad de cartagena.

Orozco, E. (2014). Design and Installations Distributions of Industrial Facilities Supported by the Use of Process Simulation-Diseño y Distribución de Instalaciones Industriales apoyado en el uso de la Simulación de Procesos. Investigación. Innovacion e Ingenieria, 1, 6–12.

V, J. F. A., Escobar, S. Z., U, J. E. A., & Bolivariana, U. P. (2015). Trabajo de grado para optar al título de Magister en Administración. Obtenido en: [https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/2623/Trabajo de grado MBA - José Fdo Ariza y Sara Zuleta E..pdf?sequence=1](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/2623/Trabajo_de_grado_MBA_-_José_Fdo_Ariza_y_Sara_Zuleta_E..pdf?sequence=1)

ANEXOS

Anexo 1- Ilustraciones de materiales, máquinas y equipos

Máquina y equipos	Dimensiones
Escantonadora	
Geka Microcrop punzonadora	
Soldador Mig-Mullermatic 252	
Prensa de banco	

<p>Máquina de oxicorte</p>	
<p>Sierra sin fin-FAT MOD 370 de cinta</p>	
<p>Taladro de árbol</p>	
<p>Compresor</p>	
<p>Carretilla para traslado de motores</p>	

Plegadora	
Mesa de montaje	
Cizalla	
Esmeril de banco (pulidora)	

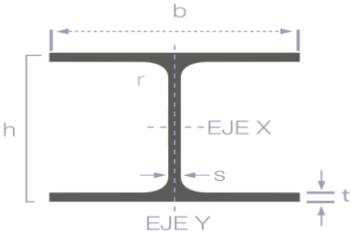
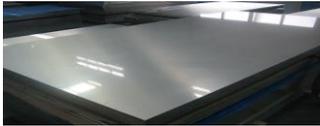
Materia prima	Especificación
HEA	

Lámina A36	
Tubería A36	
Lamina de Acero inoxidable 304 y 430	
Guaya	
Guías de ascensor (T70)	
Parte eléctrica de frenado	

Materia prima en proceso	
Columnas conformadas	
Vigas conformadas	