

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**DISEÑO DE UNA PLANTA DE ENSAMBLAJE DE AUTOS
ELÉCTRICOS EN EL PERÚ**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial

AUTOR:

TAPIA ALEGRIA, ABRAHAM ALEJANDRO GABRIEL

ASESOR:

RAU ALVAREZ, JOSÉ ALAN

Lima, Mayo, 2024

Informe de Similitud

Yo, JOSÉ ALAN, RAU ALVAREZ, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis titulada(o) DISEÑO DE UNA PLANTA DE ENSAMBLAJE DE AUTOS ELÉCTRICOS EN EL PERÚ, el autor Abraham Alejandro Gabriel Tapia Alegria, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 14%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 11/05/2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de investigación, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha:

LIMA, SAN MIGUEL, 11 de Mayo de 2024.

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: <u>RAU ALVAREZ, JOSÉ ALAN</u>	
DNI: 07602255	Firma 
ORCID: 0000-0003-0928-3994	

Resumen Ejecutivo

La presente investigación tiene como objetivo proponer una estructura de diseño de planta de ensamblaje de autos eléctricos en el Perú, la cual tome en consideración el contexto nacional y se nutra de experiencias vecinas en la región para poder determinar las variables más importantes que involucran este proceso. Si bien el punto principal se enfoca en el diseño y la metodología requerida para llevarlo a cabo, también propone un análisis cualitativo sobre los factores a favor y en contra para desarrollar una industria como esta en el país; además de ejemplificar con modelos extranjeros el impacto económico posible que puede generar a nivel de ingresos fiscales en el país. Es por ello que el alcance de esta investigación abarca desde presentar un marco teórico con diferentes metodologías existentes en la ingeniería de plantas y tomar los conceptos que más se adecúen al contexto en el cual sería implementada esta; hasta definir toda la maquinaria que se requerirá en el proceso productivo de ensamblar los vehículos, calculando el área requerida por cada una de estas y proponer últimamente un layout final.

Finalmente se muestran los costos principales para la implementación de la planta diseñada y; se concluye que la inversión inicial (en maquinaria principal y terreno para desarrollo de la planta) asciende a un estimado de 1,017,000 dólares norteamericanos.

Dedicatoria

A ti, mamá

Que ya no estás, pero que siempre estuviste

Aunque a veces yo no me diera cuenta

Te amo para siempre



Índice General

Índice de Ilustraciones	iii
Índice de Tablas	v
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. PERFIL ESTRATÉGICO.....	2
1.1. Análisis de factores	2
1.1.1. Factor demográfico	2
1.1.2. Factor El Consumidor	4
1.1.3. Factor económico	5
1.1.4. Factor ambiental	7
1.1.5. Factor político.....	9
1.2. Matriz FODA.....	10
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO PARA EL DISEÑO DE UNA PLANTA DE ENSAMBLAJE DE AUTOS.....	12
2.1. Investigaciones destacadas.....	12
2.1.1. Metodología Integral para la Planificación de Instalaciones.....	12
2.1.2. El proceso de Planificación Sinérgica de una planta (Wiendahl).....	16
2.1.3. Buenas prácticas según J. Blanco – Fernández	23
2.1.4. Aplicación de la simulación y modelado en computadora	26
2.2. Teoría para el diseño de plantas.....	28
2.2.1. Flujo de materiales	28
2.2.2. Análisis de Relaciones.....	29
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE UNA PLANTA DE ENSAMBLAJE DE AUTOS	32
CAPÍTULO IV. DISEÑO DE LA PLANTA	33
4.1. Establecimiento de objetivos y análisis base	33
4.1.1. Análisis del objetivo.....	33
4.1.2. Análisis del proceso	44
4.2. Planificación del concepto.....	48
4.2.1. Diseño estructural.....	48
4.2.2. Dimensionamiento de la estructura	49
4.2.3. Planificación del diseño bruto	69
4.3. Planificación detallada	73
4.3.1. Planificación del diseño detallado.....	73
CAPÍTULO V. ESTIMACIÓN ECONÓMICA	75
5.1. Costos de la principal maquinaria requerida	75

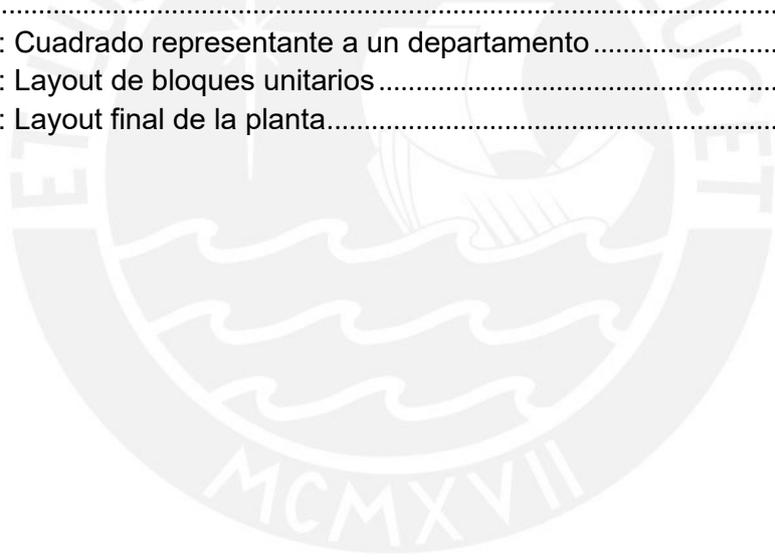
5.2. Costo estimado del terreno para la planta.....	76
5.3. Impacto económico en el país.....	77
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	80
6.1. Conclusiones.....	80
6.2. Recomendaciones.....	81
CAPÍTULO VII. BIBLIOGRAFÍA.....	82



Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Estimación de crecimiento poblacional de América Latina y el Caribe.....	2
Ilustración 2: Estimación de crecimiento poblacional del Perú	3
Ilustración 3: Proyecciones de muerte según nivel de ingreso de países.....	3
Ilustración 4: Estudio Nacional del Consumidor Peruano – Arellano Marketing	4
Ilustración 5: Transporte utilizado diariamente por trabajadores y estudiantes	5
Ilustración 6: Estimados de crecimiento del FMI versus crecimiento real del año.....	6
Ilustración 7: Infografía sobre Normativa Euro de combustibles	7
Ilustración 8: Producción y consumo de energía mundial (en millones de toneladas de barriles de petróleo)	8
Ilustración 9: Actores para el impulso a las tecnologías vehiculares más eficientes en Chile.....	10
Ilustración 10: Campos de Planificación de instalaciones	13
Ilustración 11: Fases de la Planificación de Instalaciones.....	15
Ilustración 12: Enfoque sinérgico a la planificación de planta.....	16
Ilustración 13: Planificación sinérgica – Ciclo del proyecto	18
Ilustración 14: Modelo del proceso para la planificación sinérgica de una planta	19
Ilustración 15: Metodología SLP	24
Ilustración 16: Ilustración tridimensional que representa una operación de ensamblado creada con FactoryCAD	28
Ilustración 17: Diagrama de Relación de Actividades	30
Ilustración 18: Propuesta para el Diseño de una planta de ensamblaje de autos eléctricos.....	32
Ilustración 19: Fotografía de auto de la marca Hyundai, modelo Elantra, año 2018.....	33
Ilustración 20: Diagrama de Gráfica de operaciones del ensamblaje de un auto eléctrico	35
Ilustración 21: Desdoblado y aplanado de rollos de aluminio	36
Ilustración 22: Cortado en láminas con láser.....	37
Ilustración 23: Prensado y modelado.....	37
Ilustración 24: Electro soldadura por puntos de la carrocería	38
Ilustración 25: Pre desengrase de la carrocería.....	38
Ilustración 26: Inmersión de la carrocería en pintura electroforética	39
Ilustración 27: Pintado de la carrocería realizado con robots	40
Ilustración 28: Diagrama de Gráfica de Operaciones del Ensamblaje del tren motriz ..	41
Ilustración 29: "Drive train" listo para ser acoplado a la carrocería	41
Ilustración 30: Acoplamiento entre el tren motriz y la carrocería.....	42
Ilustración 31: Instalación del tablero y sistemas eléctricos	42
Ilustración 32: Ejemplo de instalación automatizada de parabrisas.....	43
Ilustración 33: Instalación de la mueblería por parte de los operarios.....	43
Ilustración 34: Comparación entre estructura de ensamblaje convencional vs escalable	45
Ilustración 35: Modularización de espacios de producción	47
Ilustración 36: Modularización de espacios secundarios	48
Ilustración 37: Diagrama Relacional de Actividades.....	48
Ilustración 38: Brazo robot Kawasaki ABB para corte de metales en la industria automotriz	52

Ilustración 39: Proceso de desengrase y recubrimiento e-coat	53
Ilustración 40: Dimensionamiento para Zona Desengrase e E-coat.....	54
Ilustración 41: Ancho promedio de un operario	55
Ilustración 42: Dimensionamiento (en mm) de Línea de acoplamiento carrocería - tren motriz.....	56
Ilustración 43: Rollos de acero/aluminio	57
Ilustración 44: Dimensionamiento (en mm) de Zona de almacén de rollos de acero/aluminio.....	57
Ilustración 45: Tipos de estanterías.....	59
Ilustración 46: Layout almacén de partes de carrocería (en cm).....	60
Ilustración 47: Layout de almacén de vestidos.....	61
Ilustración 48: Orientación ideal para el almacenamiento de los vestidos.....	61
Ilustración 49: Layout de Zona tren motriz (en mm)	62
Ilustración 50: Layout de almacén de ventanas y parabrisas (en mm)	63
Ilustración 51: Estantería metálica para lunas de coche y parabrisas.....	64
Ilustración 52: Dimensiones (en pulgadas) de un asiento vehicular.	65
Ilustración 53: Almacén de mueblería en una planta ensambladora de autos	66
Ilustración 54: Layout de zona de inspección final (en mm).....	67
Ilustración 55: Layout de Playa de estacionamiento de vehículos terminados (en mm)	68
Ilustración 56: Cuadrado representante a un departamento	71
Ilustración 57: Layout de bloques unitarios	72
Ilustración 58: Layout final de la planta.....	74



Indice de Tablas

Tabla 1: Parque Automotor Nacional según departamento.....	4
Tabla 2: Matriz FODA	11
Tabla 3: Códigos de relación de actividades	29
Tabla 4: Tabla de secuencia de colocación	30
Tabla 5: Tabla de operaciones para el ensamblaje	36
Tabla 6: Tabla de Operaciones e Inspecciones para el Ensamblaje del tren motriz.....	40
Tabla 7: Tabla para el cálculo de máquinas por puesto.....	49
Tabla 8: Maquinaria requerida en el proceso	50
Tabla 9: Cálculo de áreas utilizando Guerchett.....	51
Tabla 10: Dimensiones de la cortadora láser	52
Tabla 11: Características y prestaciones de sistemas de almacenaje	58
Tabla 12: Hoja de Trabajo.....	70
Tabla 13: Costos estimados de implementación (en dólares norteamericanos).....	77



INTRODUCCIÓN

El presente proyecto es desarrollado con el objetivo de proponer una estructura de diseño de planta de ensamblaje de autos eléctricos en el Perú. La investigación toma en contexto la situación país y se nutre de experiencias similares en países de la región en los cuales ya existe una presencia de industrias de este tipo o; hay proyectos de desarrollarlas.

Para esto se desarrolló en el capítulo 1, un análisis estratégico en el cual se detallan los factores relevantes para el desarrollo del tema de esta tesis; tales como: la situación actual del parque automotor en el país, el perfil del consumidor, los temas medioambientales involucrados y, la normativa política actual.

En el capítulo 2, se elaboró un marco teórico en el que se presentaron diversas investigaciones destacadas en el campo del diseño de una planta industrial desde cero. Esto con el fin de contrastar las posturas y metodologías de cada uno de los autores. Además, se abordaron conceptos teóricos relevantes en Ingeniería de Plantas, los cuales fueron utilizados posteriormente para el diseño de la planta en sí.

Con lo recopilado hasta este punto se propuso una metodología o pasos a seguir para el diseño de la planta de ensamblaje de autos eléctricos.

Luego se procedió a realizar el punto clave de esta investigación que es el diseño de la planta en sí. Para ello se siguieron los pasos de la metodología propuesta anteriormente; tomando en consideración también aspectos técnicos que permiten diseñar y calcular los metrajes adecuados para cada uno de los ambientes de la planta; así como de la distribución de los mismos. El layout final será el objetivo de la tesis.

Finalmente, en el último capítulo se realizó un breve análisis de los costos de inversión que representaría llevar a cabo un proyecto como este en el Perú; además de que se brinda un estimado del impacto económico que una industria automotriz de autos eléctricos generaría en el país.

CAPÍTULO I. PERFIL ESTRATÉGICO

1.1. Análisis de factores

Se analizan los factores externos al proyecto: demográficos, del consumidor, económicos, ambientales y políticos.

1.1.1. Factor demográfico

Actualmente el Perú ocupa el octavo lugar entre los países más poblados de América con una cifra total de 31'237,385 habitantes (INEI, 2017). Las regiones más pobladas del país en orden descendente son: Lima, La Libertad, Piura, Cajamarca y Puno; abarcando entre ellas a más del 30% de la población total.

Según la Asociación Peruana de Empresas de Investigación de Mercados (APEIM) el Perú en el año 2017 tuvo en las zonas urbanas una distribución de niveles socio económicos siguiente: 2.7%(A), 16.2%(B), 33.2%(C), 29.2%(D) y 18.7%(E).

Una proyección hacia 2050 hecha por CEPLAN (Centro Nacional de Planeamiento Estratégico) indica que la población latinoamericana bordeará los 784 millones de personas, mientras que en Perú la población estimada sería de 41 millones 899 mil.

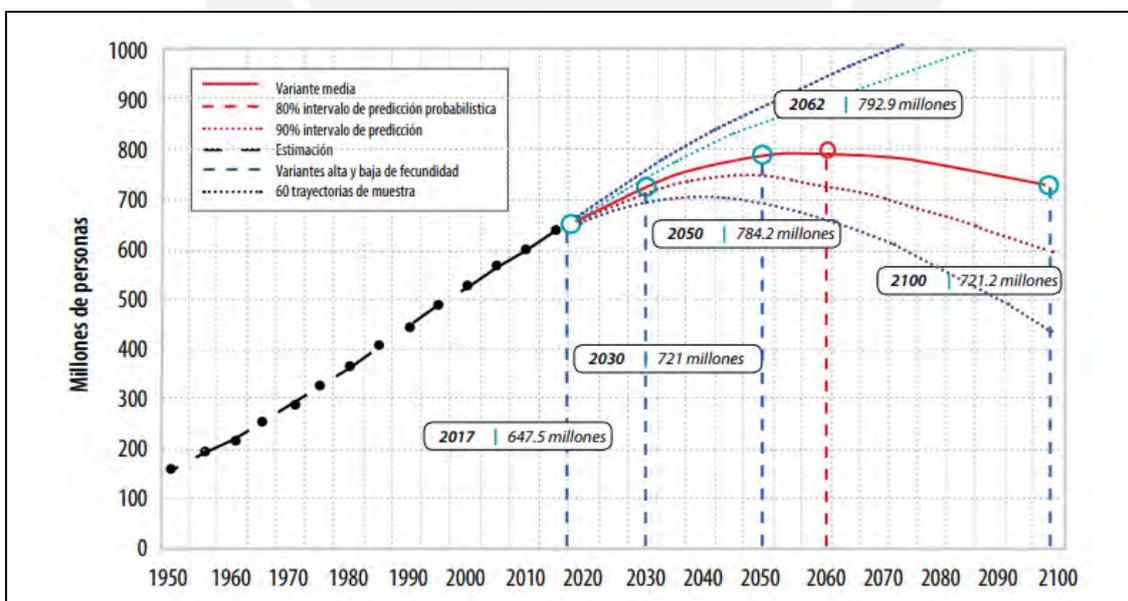


Ilustración 1: Estimación de crecimiento poblacional de América Latina y el Caribe
Fuente: Organización de Naciones Unidas (2015)

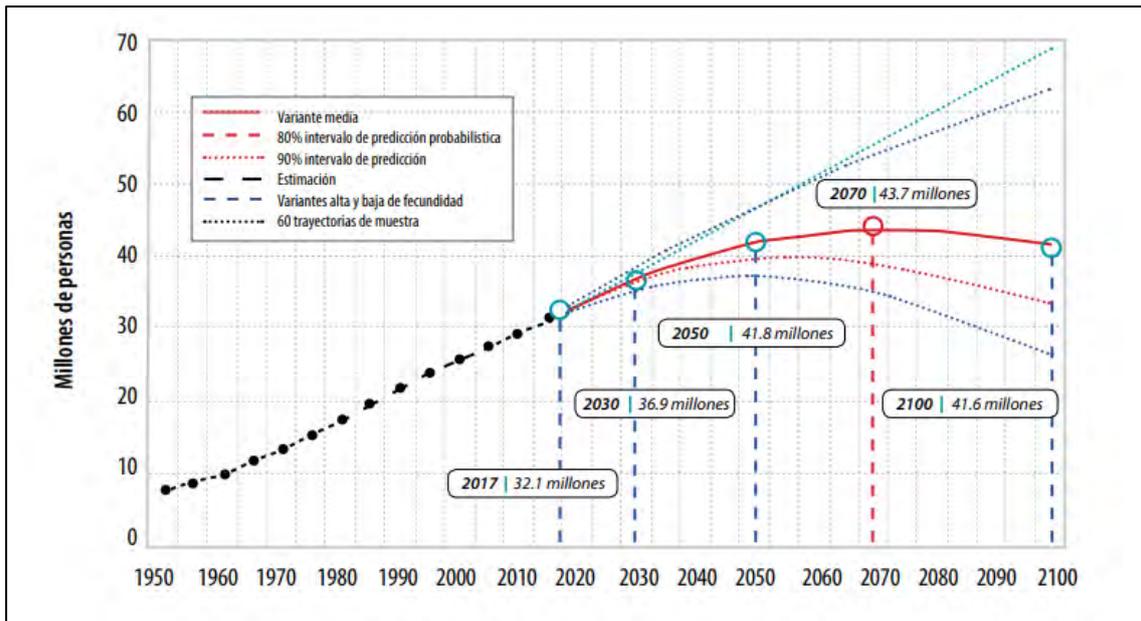


Ilustración 2: Estimación de crecimiento poblacional del Perú
Fuente: Organización de Naciones Unidas (2015)

La OMS proyecta que a 2030 el 28% de las muertes a nivel mundial por lesiones tendrán una relación directa al aumento en el número de accidentes de tránsito (Ilustración 3). Ubicando a las muertes por este tipo de accidentes como la quinta causa de muerte a nivel mundial. Esta situación será principalmente impulsada debido al aumento en la propiedad y uso de automóviles en un contexto de crecimiento económico en países de bajos y medianos ingresos, entre ellos el Perú.

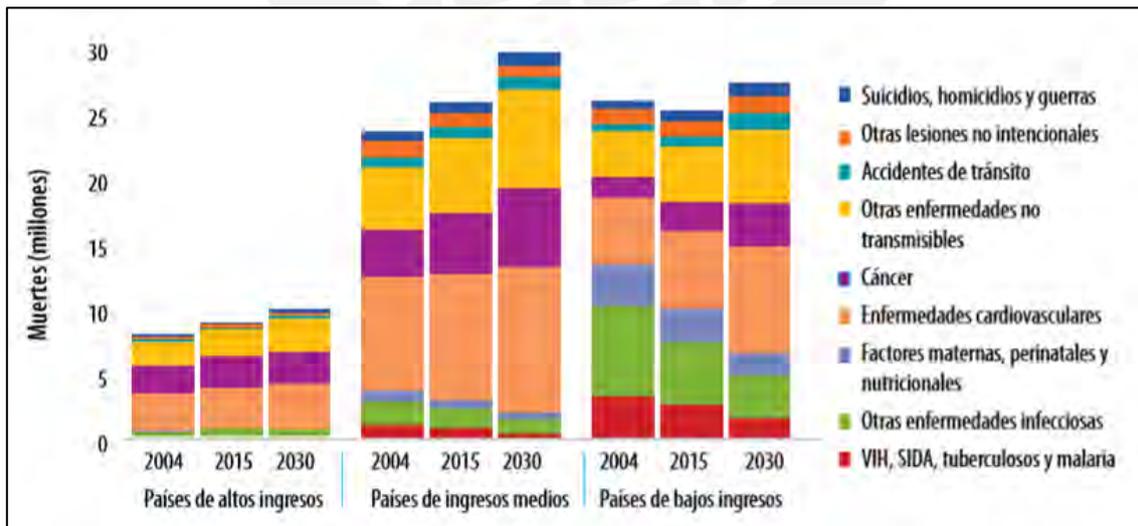


Ilustración 3: Proyecciones de muerte según nivel de ingreso de países
Fuente: Organización Mundial de la Salud (2014)

1.1.2. Factor El Consumidor

Es importante analizar el comportamiento del consumidor, pues como ya se explicó no solo la población está creciendo, sino que también sus hábitos de consumo están cambiando.

Según un estudio de 2016 titulado “Estudio Multiclientes, MIDEM Autos” de Arellano Marketing (Ilustración 4), existe un gran potencial en el sector automotriz, pues el 84% de la población no posee un vehículo para uso particular, de este porcentaje los que mayor interés presentan en la adquisición de un auto nuevo son las personas de NSE A, B y C, quienes no solo han incrementado su poder adquisitivo, sino también su promedio de gastos.



Ilustración 4: Estudio Nacional del Consumidor Peruano – Arellano Marketing
Fuente: Asociación Automotriz del Perú (2015)

Actualmente Lima y el Callao son las regiones que concentran el 66% del número de autos existentes en el país. Por sus calles circulan un aproximado de 1 millón 700 mil vehículos; es decir, más de la mitad de carros que existen en el parque automotor en todo el Perú circulan por la capital. La Libertad es la segunda región con mayor cantidad de vehículos circulantes con cerca de 190 mil unidades (Tabla 1).

Tabla 1: Parque Automotor Nacional según departamento

Departamentos	CLASE DE VEHICULO									
	TOTAL	Automóvil	Station wagon	Camionetas			Omnibus	Camión	Remolcador	Remolque Semirem.
				Pick-up	Rural	Panel				
TOTAL	2'661.719	1'167.041	403.193	283.479	365.316	43.387	80.119	213.155	43.604	62.425
Lima / Callao	1'752.919	807.529	284.251	163.793	236.502	31.006	50.441	116.601	29.520	33.276
La Libertad	190.073	77.440	21.459	25.037	18.382	1.372	7.105	21.208	4.548	13.522
Arequipa	187.929	89.335	14.236	21.353	27.142	1.989	5.099	16.853	4.804	7.118
Cusco	73.997	29.313	12.253	9.108	11.300	578	2.938	8.160	281	66
Lambayeque	68.261	30.741	5.908	9.192	9.418	1.034	1.348	8.088	572	1.960
Junín	67.049	22.296	12.308	8.749	9.715	295	2.139	9.231	881	1.435
Piura	55.060	23.771	4.922	10.378	7.915	400	1.280	5.503	518	373
Tacna	49.382	18.040	11.476	4.777	5.580	1.556	1.703	4.727	614	909
Puno	47.696	8.711	8.867	4.740	14.029	3.246	2.562	4.887	297	357
Áncash	33.542	14.484	5.472	4.009	5.555	235	940	2.415	199	233
Los demás	135.811	45.381	22.041	22.343	19.778	1.676	4.564	15.482	1.370	3.176

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016)

Según un market report realizado por CPI el año 2016 solo en Lima Metropolitana el 82% de personas utilizan transporte público (buses, metro, metropolitano) para movilizarse, seguidos por un 24.3% que usan servicios de taxi y un 14.7% que se transporta en movilidad propia (Ilustración 5).

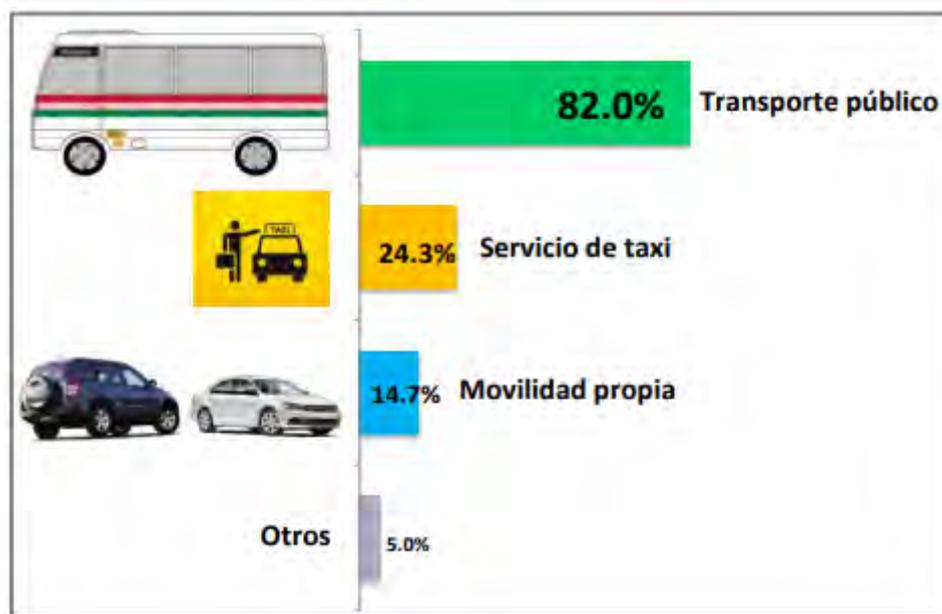


Ilustración 5: Transporte utilizado diariamente por trabajadores y estudiantes
Fuente: CPI (2016)

En Lima se percibe a diario el aumento del tráfico y congestión de calles y avenidas, esto genera una problemática de contaminación ambiental y sonora. Esto sumado a la falta de planificación en el desarrollo urbano y un transporte público no integrado genera que los consumidores busquen alternativas más eficientes de transportarse.

Según un sondeo del diario Gestión en el 2018, un 21% de limeños utiliza el servicio de taxi por aplicativo todos los días. Esta cifra se ha venido incrementando y su acogida es cada vez mayor entre los consumidores.

1.1.3. Factor económico

La economía peruana en los últimos años ha crecido a tasas mucho mayores que las de sus vecinos latinoamericanos; sin embargo, este periodo de altos crecimientos ha venido desacelerándose continuamente en los últimos seis años (IPE, 2018), tanto por factores globales como internos. A pesar de ello, el Fondo Monetario Internacional valida aún al Perú como una de las economías más estables de América del Sur.

La industria automotriz a nivel mundial es una de las que más dinamiza la economía de los países (Deloitte, 2009), Ford en Estados Unidos y Mercedes Benz en Alemania son claros ejemplos de ello. Es una industria que genera gran crecimiento en todos los aspectos. Según las predicciones de Bloomberg New Energy Finance entre el 2025 y 2030 “se espera una paridad de costos entre los vehículos de combustión interna y los vehículos eléctricos” (MCKERRACHER, 2018).

Una industria automotriz de autos eléctricos en el Perú puede generar la competitividad e instaurarse como pionera a nivel regional, lo cual impacta directamente en el crecimiento y desarrollo nacional.

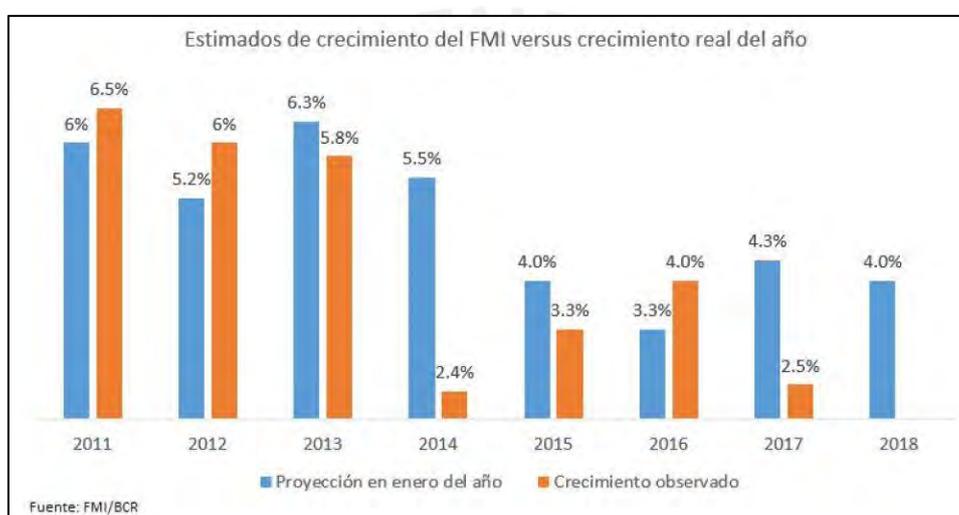


Ilustración 6: Estimados de crecimiento del FMI versus crecimiento real del año
Fuente: Fondo Monetario Internacional (2017)

Para poder proyectar el impacto económico que generaría el desarrollo de una industria automotriz en el Perú se puede tomar como referencia el caso colombiano.

Según un estudio realizado por FEDESARROLLO, centro de investigación económica y social, para ANDEMOS (Asociación Colombiana de Vehículos Automotores) en el año 2014 resalta que para la economía colombiana y en la generación de empleo, la industria automotriz y el comercio de vehículos y autopartes juegan un papel importante. Pero existe un detalle que fácilmente podría replicarse en el modelo económico peruano; el tamaño del parque automotor ha venido creciendo de forma importante en los últimos años, así como la capacidad adquisitiva de la clase media. Sin embargo; en el año 2013 la participación en el valor de las ventas de vehículos nuevos se dividía en dos terceras partes para los vehículos importados (cuya participación venía en ascenso) y solo una tercera parte para la producción nacional. “Lo anterior indica que el aumento en las importaciones ha venido principalmente jalonado por una mayor demanda nacional.

Evidentemente la velocidad de reacción de la producción nacional (colombiana) y las importaciones de vehículos es sustancialmente diferente, en tanto que la segunda responde más rápido que la primera.” (FEDESARROLLO, 2014).

Si se considera el impacto que puede tener una industria así en el Perú sobre el PBI, esta industria no significa un porcentaje nada despreciable. Continuando con el ejemplo del modelo colombiano planteado en líneas anteriores, este representó para su PBI un 2.49% el año 2013.

1.1.4. Factor ambiental

Al analizar la cuestión ambiental se puede tomar como base las regulaciones que han adoptado países desarrollados como Estados Unidos y gran parte de Europa. Estos países fueron pioneros al introducir normativas con respecto a la emisión de gases de los vehículos. Los países en desarrollo han seguido estos pasos, pero de una manera atrasada y/o rezagada. Es por ello que en la actualidad se refleja un contraste al saber que, en gran parte de Europa, en vehículos ligeros, ya se aplica la normativa Euro 6, mientras que en el Perú aún se sigue aplicando la normativa Euro 3. (DELPHI, 2017). La evolución de estas normativas se presenta a continuación en la siguiente ilustración:

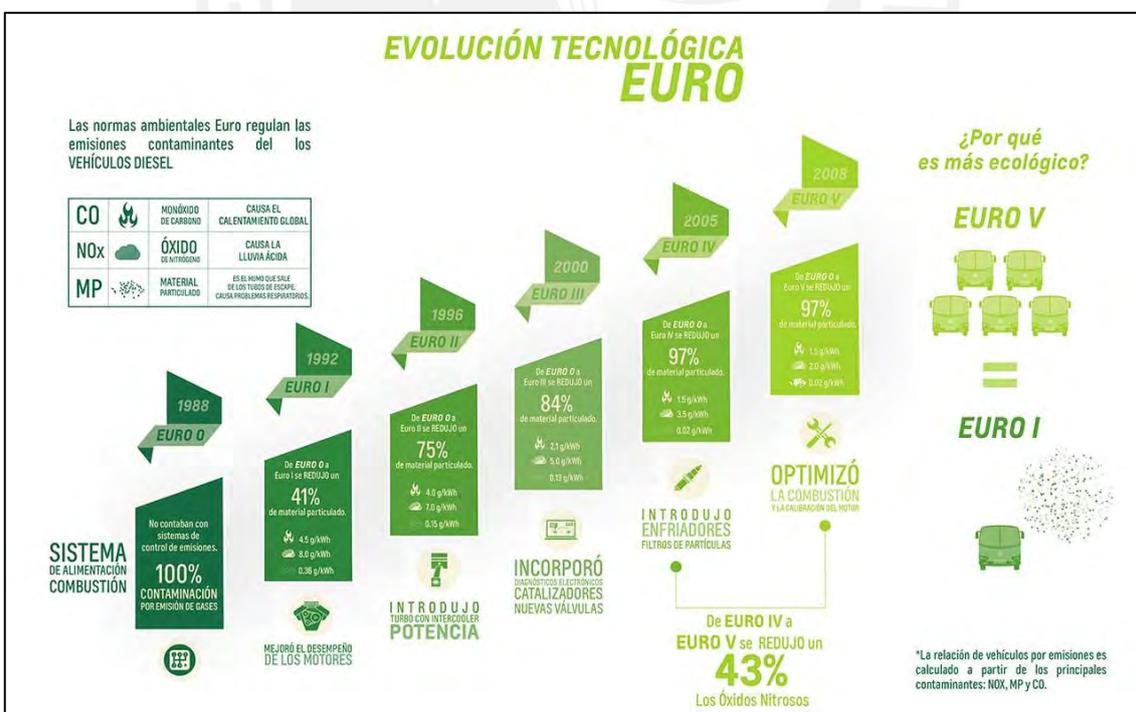


Ilustración 7: Infografía sobre Normativa Euro de combustibles
Fuente: GM Colmotores (2017)

Es que en la actualidad no existe una normativa internacional que controle estas emisiones de manera global. Todavía existe una gran cantidad de países,

principalmente los que están en vías de desarrollo o los que basan su economía en hidrocarburos, que no se rigen a esta normativa.

Según una proyección a 2025 de British Petroleum (BP) (Ilustración 8), la tendencia en los últimos años ha indicado que el consumo promedio de toneladas de petróleo es siempre superior a su producción anual. El problema radica en que este recurso es limitado y llegará la fecha en que ya no se pueda producir energía por este medio a la velocidad de consumo de la población global.

A futuro, los continuos avances tecnológicos en la industria automotriz orientan su desarrollo hacia una mayor eficiencia energética y el uso cada vez más intensivo de energías alternativas renovables. Es por este motivo que los autos eléctricos han cobrado gran relevancia en los últimos años. Los gobiernos incentivan su uso, pues estos tienen un menor impacto ambiental que los vehículos a combustión, y van de la mano de una política de sostenibilidad ambiental impulsada por cada gobierno.

A pesar de ello, los autos eléctricos también tienen algunos críticos que sostienen que el aún costoso precio de adquirirlos, el tiempo de carga de los mismos y la no necesaria renovabilidad de los recursos de donde estos autos obtienen su energía para funcionar; significa aún una valla por mejorar.

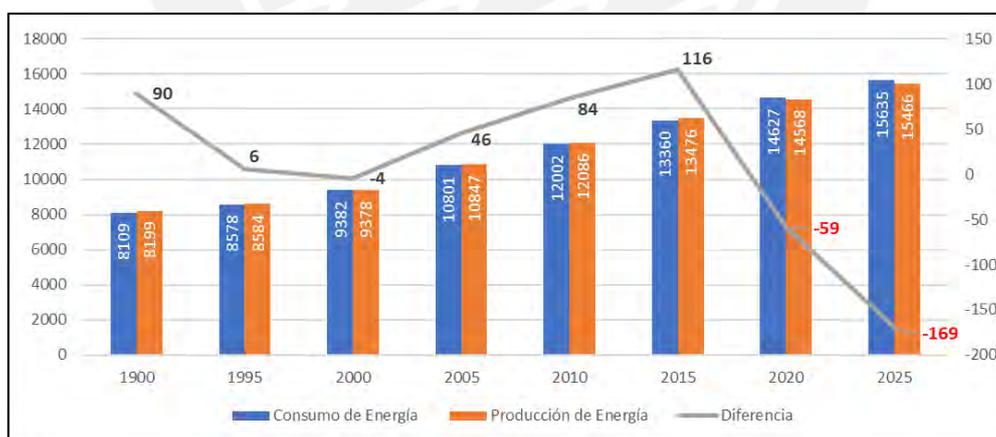


Ilustración 8: Producción y consumo de energía mundial (en millones de toneladas de barriles de petróleo)

Fuente: Adaptado de BP Energy Outlook 2030

1.1.5. Factor político

Los países con una industria automotriz avanzada suelen tener políticas orientadas al sostenimiento y desarrollo de la industria, esto principalmente por las implicancias que esta tiene sobre el desarrollo tecnológico, exportaciones, generación de empleos y efectos sobre la cadena de valor (MINCYT, 2012).

Esta industria es un sector clave para muchas de las grandes economías del mundo. En Estados Unidos esta representa cerca del 4% del PBI, mientras que en Europa esta es la fuente de casi un tercio de los empleos manufactureros; estos datos según información del Parlamento europeo en el año 2009.

Actualmente hay una tendencia política de los países con esta industria de continuar incentivando el desarrollo de la misma, pero desde una perspectiva más sustentable:

- Existe una estrategia política industrial de largo plazo.
- Se apuesta fuertemente en desarrollo tecnológico e innovación para el desarrollo de vehículos con menor impacto ambiental.
- Se promueve el financiamiento para esta industria.
- Se han generado estrategias para poder sostener a la industria antes posibles crisis económicas en los mercados globales.

A nivel latinoamericano países como Chile empiezan a desarrollar líneas de acción en política pública para la regulación y estandarización de vehículos eléctricos en su territorio. Además, el modelo chileno, según el Ministerio de Energía de Chile, combina una serie de incentivos económicos para la adquisición de este tipo de vehículos, así como también beneficios tributarios para sus usuarios. Este modelo integra 4 actores: Públicos, Privados, Centros de Investigación e Internacionales (Ilustración 9).



Ilustración 9: Actores para el impulso a las tecnologías vehiculares más eficientes en Chile

Fuente: Estrategia de Electromovilidad en Chile (2017)



1.2. Matriz FODA

A continuación, se presentará una matriz FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) para la implementación de una industria automotriz eléctrica en el Perú. Al no existir en la actualidad una industria en el país, se considerará el impacto que esta tendrá a nivel de la Región.

Tabla 2: Matriz FODA

Matriz FODA	Fortalezas	Debilidades
	1. Poder de negociación y colocación de productos respecto a otros países de la región.	1. Falta de presencia de marca.
	2. Cultura de emprendimiento del mercado peruano.	2. Constantes pruebas en el desarrollo y mejora de producto con el fin de obtener resultados óptimos.
	3. Sólidas bases macroeconómicas en el Perú ante crisis internacionales.	3. Falta de experiencia reciente en el sector automotriz.
4. Facilidad de tercerizar operaciones.	3. Falta de experiencia reciente en el sector automotriz.	
Oportunidades	Estrategia FO	Estrategia DO
1. Mano de obra más económica con respecto a otros países con una industria automotriz ya desarrollada.	Aprovechar el costo bajo de mano de obra para poder ser más competitivos frente a otros países de la región.	Debido a que en el Perú esta sería una industria nueva sin marcas reconocidas, puede aprovecharse esto para generar un impacto positivo desde la misma que represente una industria pionera en el país, por la que se nos reconozca afuera.
3. Representar una industria pionera en el país.		
4. Existencia de una tendencia mundial para la migración hacia automóviles eléctricos.	Enfocar el mercado en la clase media pujante debido a la sólida economía peruana a pesar de las crisis.	
5. Necesidad ambiental regional.		El bajo costo de mano de obra en este sector comparado con el de otros países que cuentan con esta industria, pueden disminuir el impacto del costo que requieren hasta obtener un producto óptimo para la venta.
6. Oferta energética país superior a la demanda.		
7. Clase media en aumento, con tendencias a incrementar su consumo en el largo plazo.	Aprovechar que se encuentran desarrollando proyectos de nuevos focos industriales en el país para poder tercerizar algunas de nuestras operaciones con las empresas que lleguen a situarse en estos.	Los nuevos focos industriales podrían generar una competencia que impulse el expertise del país en el sector automotriz.
8. Desarrollo de nuevos focos industriales en el país con capacidad de albergar a una industria de este tipo.		
Amenazas	Estrategia FA	Estrategia DA
1. Industria sujeta a una producción reducida durante primeros años de funcionamiento.	Aprovechar que el Perú cuenta con un buen poder de colocación de productos en la región para solicitar una subvención estatal que ayude a desarrollar más aceleradamente esta industria.	La falta inicial de presencia de marca significa que no se tiene una percepción negativa de parte de los usuarios, lo cual nos puede preparar mejor para abrir camino entre la competencia futura que se proyecta para esta industria.
2. Poca capacidad tecnológica a nivel país.	Los fundamentos macroeconómicos fuertes del país nos exponen menos ante las volatilidades de tipo de cambio del mercado, y que por ende esta volatilidad no impacte de manera sustancial en el precio final del producto.	
3. Ausencia de una subvención estatal que impulse el desarrollo de esta industria.		
4. Posible competencia futura con marcas reconocidas.		
5. Necesidad de importar componentes, lo cual genera una vulnerabilidad al tipo de cambio y al desempeño de los mercados globales.	La cultura de emprendimiento de los peruanos puede impulsar a que la recesión generada por el covid-19 se remonte de manera más acelerada que otros países en la región.	La poca capacidad tecnológica que presenta aun el país permite poder aprender de otros países que ya cuentan con ella y aplicarlas en las pruebas de desarrollo del producto.
6. Lenta recuperación económica debido a la recesión ocasionada por la pandemia de la covid-19.		

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO PARA EL DISEÑO DE UNA PLANTA DE ENSAMBLAJE DE AUTOS

El correcto ensamblaje de autos va ligado a una buena distribución de planta, esto significa menores costos y mayor productividad.

En este capítulo lo que se desarrollará es la introducción a investigaciones existentes, las cuales abarcan técnicas y metodologías empleadas en el diseño adecuado de plantas industriales ensambladoras de vehículos. Además, se destacan las tendencias actuales en el uso de tecnologías necesarias para el desarrollo de estos trabajos de investigación.

2.1. Investigaciones destacadas

En la presente sección desarrollaremos los conceptos de cuatro metodologías para la planificación de plantas.

2.1.1. Metodología Integral para la Planificación de Instalaciones

Para Wiendahl-Reichardt-Nyhuis el diseño de una planta ya no solo se basa en desarrollar productos, producirlos y procesar órdenes. La prioridad actualmente es suministrar mercados de una manera confiable desde los sitios más ventajosos posibles. En lugar de fábricas centrales con una amplia profundidad de fabricación; las plantas de producción que sean transformables, que se adapten o que sean incluso temporales y estén ubicadas cerca a los mercados son ahora esenciales.

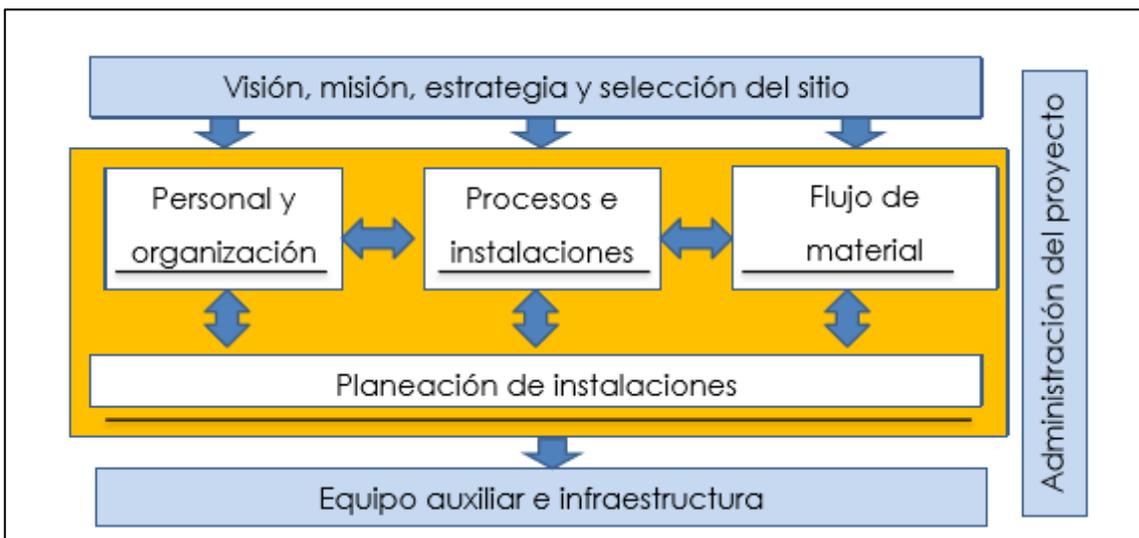
Tomando esto en consideración, los autores consideran que es necesario definir demandas adicionales al hecho predeterminado que significa implementar una planta lo más eficiente posible. Estas demandas son:

- Dependiendo del impulso hacia el cambio, una planta debe poder ser capaz de ajustarse en un periodo de tiempo adecuado tanto a las nuevas demandas tecnológicas y de espacio cúbico en cada uno de los niveles impactados por el cambio.
- Los sistemas de fabricación y ensamblaje necesitan tomar en consideración perspectivas locales.
- Las instalaciones de producción y los edificios que compongan las planta deben ser diseñados de tal manera que estos ahorren recursos y sean energéticamente eficientes.
- La apariencia externa de la planta debe reflejar la identidad de la compañía, mientras que la apariencia interna debe cumplir con los requerimientos del producto.

- El diseño espacial de los sitios de producción necesita proveer ambientes de trabajo confortables para sus operarios.

Ante estas nuevas demandas Wiendahl, Reichardt y Nyhuis proponen lo que ellos denominan como “planificación integral de instalaciones”. Esto implica un planeamiento desde el inicio de sus operaciones y llevado a cabo con métodos y herramientas.

Esta teoría se puede dividir en siete campos de planificación concentrados en cuatro áreas claves, tal como se muestra en la Ilustración 10.



*Ilustración 10: Campos de Planificación de instalaciones
Fuente: Adaptado de Facility Planning (Wiendahl 2014, Figura 1)*

- **Estrategia:**

Se considera el punto de inicio de cualquier planeación, lo cual determina un concepto de producción a largo plazo basado en la visión y misión de la empresa. En esta etapa los costos y tiempos de ejecución ya pueden ser revisados.

- **Personal y Organización:**

La asignación de personal y su organización se considera estrechamente relacionada con los procesos y la ubicación de instalaciones debido a que representan una importante referencia dimensional. Por un lado, el número y nivel de los empleados u operarios debe ser determinado; por el otro, los pasos de producción deben decidirse.

- **Procesos e instalaciones:**

Los procesos de producción con sus principales funciones de trabajo, montaje y logística, así como las instalaciones existentes; son la base para poder planificar cada instalación de la planta. Para llevar a cabo estos procesos, se requiere contar con

equipos operativos. Por lo tanto, este campo se dedica principalmente de cuestiones tecnológicas.

- **Flujo de material:**

El objetivo de esta fase es tener una producción con bajo inventario, tiempos de ciclo mínimos y una velocidad de reacción rápida. Esta fase es determinante para la disposición de las instalaciones, pues considera no solo el flujo de material, sino también las conexiones con proveedores y la distribución de los productos finalizados a su lugar de uso.

- **Planeación de las instalaciones:**

La alineación y dimensionamiento espacial de las subzonas de instalación de la planta son tarea del campo de planificación de instalaciones. Esto implica a considerar a los espacios como la base del concepto de construcción y la planificación del sitio. Es en este punto en que se consideran aspecto como apariencia, preparación del terreno de construcción, y las posibilidades posteriores de expansión. Aspectos de ingeniería civil y arquitectura están en primer plano en este campo de la planificación.

- **Equipo auxiliar e Infraestructura:**

Una vez que el concepto adquiera contornos más claros, el equipo auxiliar necesario tales como: estaciones de servicio y testeo, infraestructura para alimentación de maquinarias (electricidad, agua, aire presurizado, etc.), así como también la infraestructura de comunicación (internet, telefonía) deberán ser planificadas. Se debe tomar en consideración la minimización del consumo de energía, así como evitar la acumulación, almacenamiento adecuado y acondicionamiento y eliminación de aguas residuales y productos de desecho.

- **Administración del Proyecto:**

La tarea de este campo es estructurar el proyecto de diseño de una planta en subproyectos, el establecimiento y supervisión de planes de tiempo y costos; la elaboración de reportes de avances del proyecto y su ejecución dentro de los tiempos establecidos.

Todas las áreas de planificación antes descritas se estructuran en siete fases, las cuales se describen a continuación en la Ilustración 11:



Ilustración 11: Fases de la Planificación de Instalaciones
 Fuente: Adaptado de Facility Planning (Wiendahl 2014, Figura 2)

Al principio se requiere una fase preparatoria, la cual se denomina “Especificación de Objetivos”. Principalmente esta fase sirve para especificar las tareas de planificación de la instalación y estructuración básica del proyecto.

El “Análisis de información” proporciona y evalúa los datos e información relevante. El primer paso de esta fase consiste en obtener información, posteriormente estos datos recogidos son resumidos y luego evaluados con respecto a los objetivos de instalación.

En la “Planeación del concepto”, las soluciones fundamentales para la estructura de instalaciones se crean en un enfoque iterativo, para ello las unidades funcionales y organizativas; así como sus correlaciones mutuas y su comunicación entre sí, se definen inicialmente en la planificación de la estructura y se visualizan en un gráfico de funciones ideal. Luego deben especificarse las estructuras de producción y montaje, así como los conceptos de almacenamiento y transporte; en el siguiente espacio se dimensionan espacios e instalaciones dedicadas a la logística. Aquí los espacios se basan en la dimensión de los equipos a utilizar y las capacidades del personal. Áreas parciales como el departamento de recepción de materias primas y componentes, el área de fabricación y ensamblaje y; el área de envío, deben considerarse también.

En la siguiente fase de “Planeación a detalle”, todos los elementos de la instalación planificada se describen y se deben mostrar gráficamente en detalle. Para este fin, la planeación del layout se ocupa inicialmente del desarrollo de los planes de posicionamiento de las diversas maquinarias, el diseño de los lugares individuales de trabajo, aspectos ergonómicos, planificación del material, flujos de comunicación entre las áreas, etc.

Después de planificación de las instalaciones, es necesario implementar los resultados obtenidos en este proceso de planeamiento. Esto tiene lugar en las fases

“Realización/Preparación”, “Realización/Supervisión” y “Puesta en marcha y Soporte”. Aquí lo esencial es garantizar una gestión de proyectos estricta en lo que concierne a calidad, costos y cumplimientos de los programas.

2.1.2. El proceso de Planificación Sinérgica de una planta (Wiendahl)

Típicamente con métodos convencionales de diseño de una planta lo que se encuentran son soluciones aisladas para problemas o procesos aislados, lo cual resulta en varios síntomas indeseables durante el desarrollo de la planta y una vez que la misma entra en operación. Síntomas como deadlines vencidos, sobrecostos en el presupuesto del proyecto, bajo desempeño, defectos en la calidad y falta de posibilidad de cambio de la misma planta se presentan con habitualidad.

Esta breve caracterización del diseño de una fábrica y el desarrollo del proyecto demuestran que se necesita realizar una consideración más profunda. La planificación sinérgica de la planta comienza cuando se planifican los objetivos con un proceso combinado y una perspectiva espacial que continúa a través de la fase de planificación hasta la fase de aceleración. Las principales ideas de una planta cuya planificación ha sido orientada sinérgicamente (fusión de distintas fuerzas, factores y elementos actuando por un performance coordinado) se ilustran en la siguiente imagen:

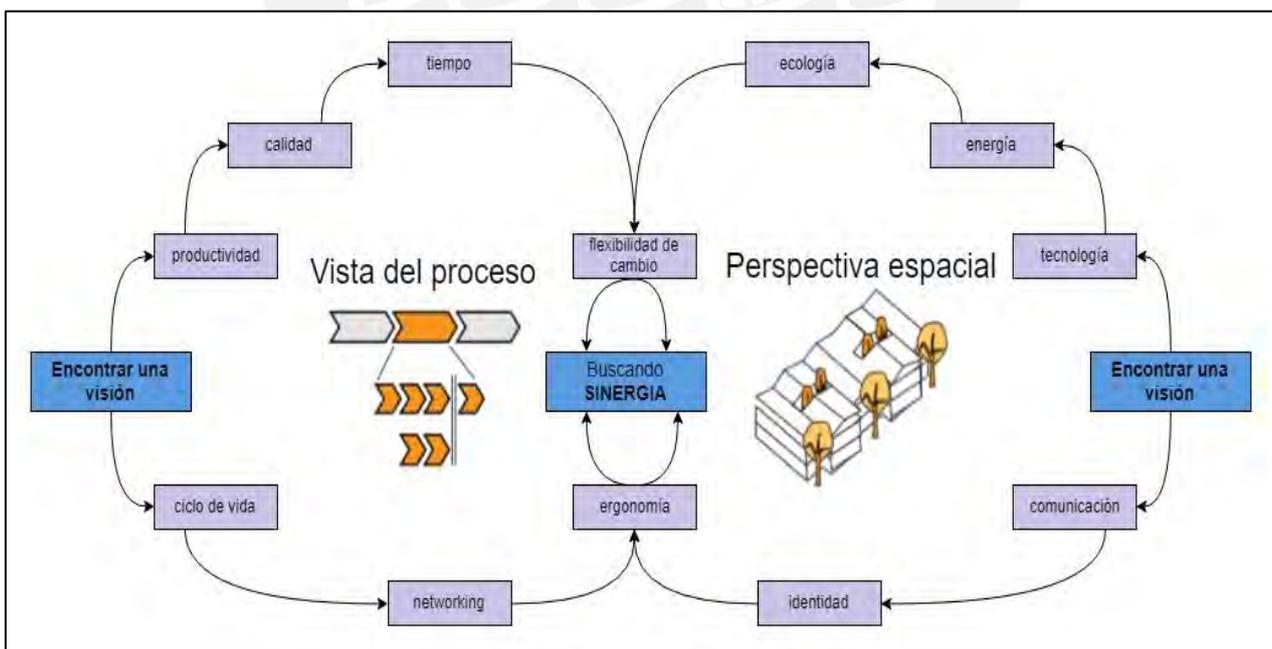


Ilustración 12: Enfoque sinérgico a la planificación de planta

Fuente: Adaptado de “Handbook Factory Planning and Design” (Wiendahl 2015, Figura 15.2)

El autor señala que los conflictos entre la ubicación, los edificios, los servicios de construcción y los procesos que impactan negativamente en los costos, el tiempo y la calidad de la planta se pueden identificar y eliminar de manera anticipada en lugar de en el medio de la construcción o más adelante, una vez que la planta ya está en funcionamiento. Este enfoque, sin embargo; no se puede limitar solamente a la fase de planeamiento de la planta; debe incluir también el ciclo de vida de las edificaciones que la componen.

En la Ilustración 13 se ilustra el ciclo que todo proyecto con enfoque de planificación sinérgica debe seguir. Cabe resaltar que estos no son pasos a seguir para el diseño de una planta, pero complementan la visión de conceptualizar esta tarea como una rama que puede también ser atendida desde la Gestión de proyectos.

Con las proyecciones de los objetivos iniciales, la *“Investigación base”* ya puede tomar en cuenta los costos objetivo. Durante la fase de *“Conceptualización”* todos los elementos espaciales, así como las instalaciones correspondientes a la producción; son modelados tridimensionalmente y posiblemente animados. La *“Planificación bruta/fina”* se simplifica a través de un modelamiento de la planificación, licitación y ajuste de los costos y el cronograma de ejecución cuando haya cambios o variaciones en los mismos. La fase de *“Realización”* se puede apoyar de la modelación 3D en lo que respecta a los controles de colisión y la planificación del proceso de construcción en sí. Durante la fase *“Operacional”* se usa un modelo estructurado espacialmente para todos los documentos. Finalmente, el autor también señala que es posible el analizar los costos de operación de las instalaciones mientras están operando.

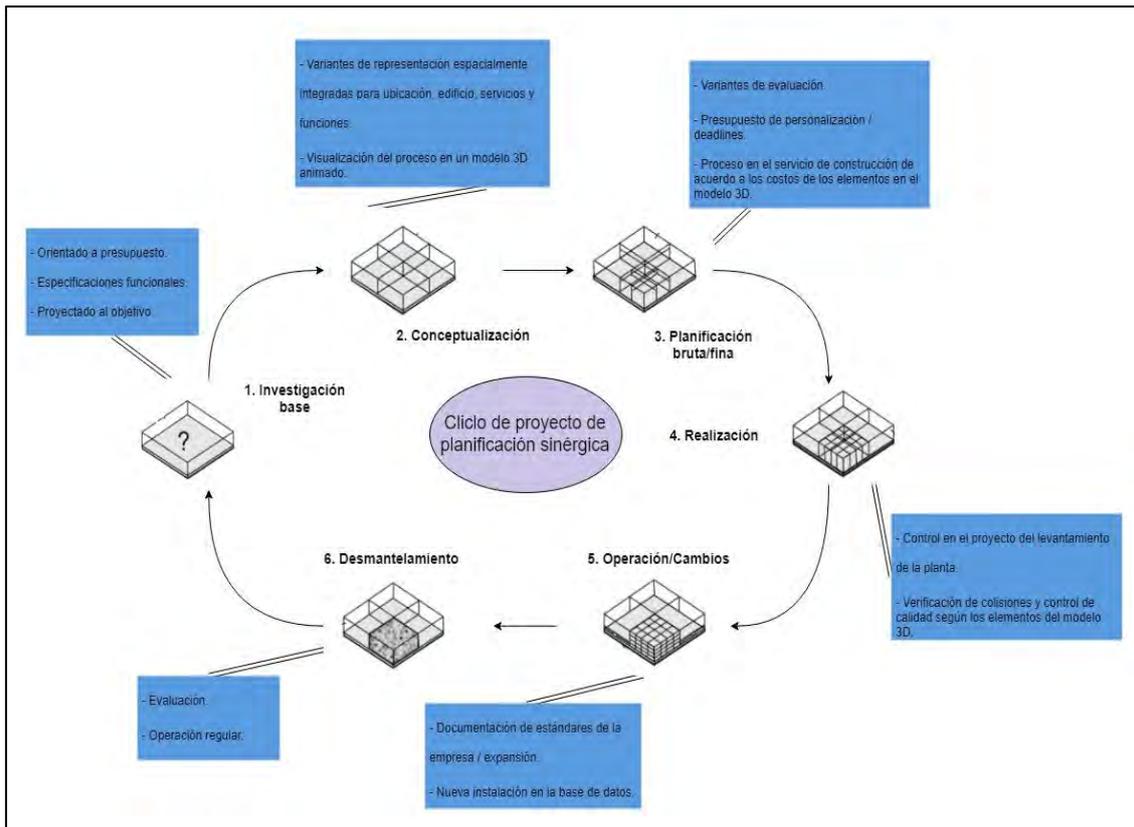


Ilustración 13: Planificación sinérgica – Ciclo del proyecto

Fuente: Adaptado de "Handbook Factory Planning and Design" (Wiendahl 2015, Figura 15.4)

Para utilizar el enfoque de planificación sinérgica de edificaciones es necesario un claro y estructurado proceso de desarrollo, el cual también puede ser implementado sin un modelamiento 3D previo. Para esto se deben cumplir los siguientes criterios:

- Establecimiento de un catálogo de especificaciones que surjan de una visión corporativa. Derivación de factores duros (productividad, flujo de materiales, consumo de energía) y factores suaves (comunicación, identidad, capacidad de cambio).
- La estructuración de las tareas de planificación en niveles de diseño que se desarrollan con mayor precisión. Estas van desde presentar el plan maestro en el entorno local, hasta el desarrollo de los edificios individuales, subdividiéndolos en secciones y lugares de trabajo.
- La paralelización de las subtareas lo más posible con el fin de acortar el tiempo de planificación.
- Soluciones sinérgicas para los procesos, instalaciones operativas y espacios en general en donde se desarrollan estos procesos.
- Desarrollo de un modelamiento de datos que muestre los procesos y espacios dentro de las instalaciones en tres dimensiones.

- La estandarización de tareas repetitivas con el objetivo de reducir los gastos de planificación e incrementar la calidad de la planificación misma.
- Utilizar un número limitado de herramientas estándar para sistematizar la representación de los resultados.
- Definición de hitos a manera de puertas de calidad para mejorar la calidad de los resultados y evitar errores no descubiertos que puedan ser aceptados.
- Instalación de una gestión de proyectos según aspectos técnicos, atmosféricos y organizativos.

A continuación, se describirá el modelo de este proceso:

Según Wiendahl en su libro “Handbook Factory Planning and Design”, este modelo proporciona un marco organizado para las situaciones de planificación mencionadas previamente y es altamente adaptable. El resultado es una estructura modular en la que las dependencias se describen con precisión y las conexiones entre los procesos individuales se diseñan para que el entendimiento entre estos sea sencillo. La información adicional de los métodos y herramientas aplicables, así como la calidad de los resultados obtenidos también forman parte de este modelo descriptivo.

El modelo del proceso para la planificación sinérgica de una planta se ilustra en la Ilustración 14.

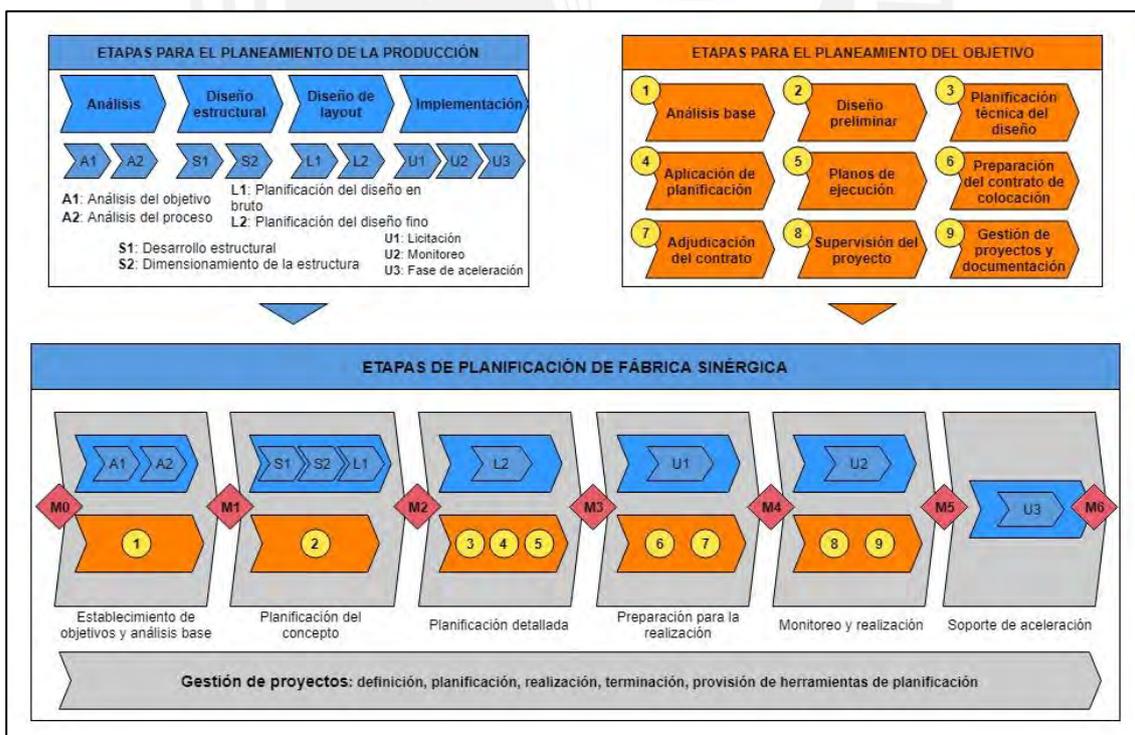


Ilustración 14: Modelo del proceso para la planificación sinérgica de una planta
Fuente: Adaptado de “Handbook Factory Planning and Design” (Wiendahl 2015, Figura 15.5)

La “Etapas para el planeamiento de la producción” son el punto de partida. Estas etapas incluyen: análisis, diseño estructural, diseño del layout e implementación del proyecto

una vez que se completa la planificación. Llegando más a detalle, este submodelo describe el diseño de procesos tecnológicos y logísticos, así como las instalaciones de producción y su organización según los flujos de materiales, comunicación, energía, etc.

A la par se realizan las “Etapas para el planeamiento del objetivo”, las cuales diseñan los espacios internos y externos de una planta de producción, visto esto desde una perspectiva arquitectónica.

La “Etapas de planificación de fábrica sinérgica” es una fusión de los dos submodelos antes mencionados que comprende seis etapas demarcadas en una planificación integrada del ciclo de vida de la fábrica desde la preparación de la planificación hasta que la fábrica entra en funcionamiento.

El proceso comienza con la resolución del proyecto en el Hito 0 (M0), es decir, la decisión de iniciar formalmente el proyecto. El posterior “*Establecimiento de objetivos y análisis base*” marca el inicio real de la planificación de la fábrica. Sobre la base del Hito 0, el equipo de gestión del proyecto y planificación de la producción desarrolla una visión, fija metas y objetivos estratégicos para la nueva fábrica.

El “*Análisis del objetivo*” (A1) se refiere a los productos y sus derivados, la estructura de la lista de materiales subdividida en piezas fabricadas en la planta, piezas compradas y otros componentes. Además, se debe realizar un inventario de las instalaciones operativas nuevas o ya existentes, junto con las áreas y el personal requerido.

En comparación, el paso de “*Análisis del proceso*” (A2), examina los procesos de producción desde una perspectiva más tecnológica. Además, la logística también se analiza (conceptos de entrega de los proveedores, control de la producción, concepto de envío de productos terminados, y las instalaciones de almacenamiento y transporte requeridas).

Consecuentemente en el Hito 1 (M1) se cuentan ya con los siguientes resultados disponibles:

- La visión y misión de la fábrica.
- Un perfil de requisitos coordinado.
- Estrategias y objetivos de fábrica, así como los campos de acción.
- Un modelo de adquisición y distribución.

En la etapa de “*Planificación del concepto*” el “*Desarrollo estructural*”, “*Dimensionamiento de la estructura*” y la “*Planificación del diseño en bruto*” se realizan

desde la perspectiva de la planificación de la producción. Al hacerlo, se adopta la tecnología existente o la nueva proveniente de un proyecto en paralelo.

Una vez que la Planificación del concepto está terminada, los siguientes resultados estarán disponibles en el Hito 2 (M2):

- El concepto de la producción.
- El volumen del edificio, el cronograma espacial (que incluya lista de espacios, área del suelo y el volumen).
- Un estimado de los costos.
- Un concepto integrado de espacio y producción en 3D, así como una línea de tiempo actualizada.
- Una lista de la maquinaria necesaria con sus atributos dimensionales, así como un calendario aproximado del proyecto.

Siguiendo con los pasos, el modelo de Wiendahl da inicio a la siguiente etapa "*Planificación detallada*". En lo que respecta a la planificación de la producción, incluye la determinación de las instalaciones operativas que participan en la fabricación, el ensamblaje y la logística; así como la "*Planificación del diseño fino*" (L2).

Los resultados esperados en el Hito 3 (M3) son:

- Un diseño detallado con instalaciones operativas posicionadas con una alta precisión.
- La aprobación de los posibles usuarios (operarios).
- El plan de aprobación para las autoridades respectivas.
- Asegurar la viabilidad del plan y el cumplimiento de los costos.
- El cálculo de los costos, así como un cronograma detallado del proyecto.

Cabe resaltar que al alcanzar el Hito 3 (M3) se concluye la planificación del objetivo de fábrica como tal.

La posterior "*Preparación para la realización*" se centra en implementar los resultados obtenidos en la parte previa de planificación. Por el lado productivo, se realizan preparativos para los contratos de licitación para las nuevas instalaciones de producción. El planificador de objetivos se convierte en el principal impulsor detrás de la realización del objetivo, mientras que el planificador de fábrica se encarga de los procesos.

En el Hito 4 (M4) los siguientes documentos ya están disponibles:

- Invitaciones para ofertas de posibles contratistas.
- Costos estimados y el cronograma del proyecto actualizado.

Desde el punto de vista de la planificación sinérgica, la siguiente etapa “*Monitoreo y Realización*” sirve básicamente para monitorear y controlar el progreso de la construcción de la fábrica y la correcta instalación de la maquinaria.

Al llegar al Hito 5 (M5), la planta está lista para los siguientes objetivos y, los siguientes documentos se encuentran disponibles:

- Pruebas de rendimiento y homologaciones de las instalaciones y edificación.
- Declaración de costos.
- Documentación final.

La última etapa es “*Soporte de aceleración*”; durante el período de garantía que es cuando surgen defectos, la planificación del objetivo dispone que las construcciones incompletas o defectuosas se corrijan. El contacto cercano entre los planificadores de espacios, y los de los procesos es indispensable aquí. Esta etapa se enfoca en aumentar la producción hasta alcanzar la tasa de producción deseada para la fábrica.

Para el desarrollo del producto, una vez que el diseño del mismo ya está terminado se comienza con la creación de prototipos. Las compañías automotrices cuentan con espacios o fábricas preestablecidos para el desarrollo de estos; los cuales se crean en instalaciones experimentales o que son parte de la producción.

Con la finalización de esta etapa se llega al Hito 6 (M6), y la fábrica está en pleno funcionamiento y se da por finalizado el proyecto. Los resultados a los que se llega son los siguientes:

- La determinación de la capacidad de carga total de la planta.
- Evaluación de la obtención de los objetivos iniciales.
- Transferencia de documentación y balance de cuenta.

2.1.3. Buenas prácticas según J. Blanco – Fernández

Blanco señala que el layout de una planta es diseñado para producir productos que cumplan con las necesidades de los clientes. Esto significa que se han creado para hacer productos eficientes en el plazo requerido. Para cumplir con esto, la disposición física de las instalaciones debe ser más compacta, pero mantener un cierto grado de flexibilidad.

Este layout tiene un efecto estratégico en el rendimiento de las fábricas. Esto pues los materiales viajan distancias más cortas, los productos pasan por la planta más rápidamente y los clientes reciben los productos de una manera más eficiente. Asimismo, se genera una reducción en los costos de espacio, manejo de materiales en proceso y manejo de inventarios. Esto hace que las fábricas y las operaciones en sí sean más flexibles; ya que, de presentarse la necesidad de cambio, este se puede realizar de manera más sencilla y rápida.

Con esta premisa, el diseño de planta según Blanco es el proceso de disposición física de los elementos industriales para que constituyan un sistema productivo capaz de cumplir con los objetivos establecidos de la empresa, de la manera más apropiada y eficiente posible.

El modelo contempla tres factores clave a tomar en cuenta:

- **Flexibilidad del Layout**

Un Layout tiene que ser lo suficientemente flexible de tal modo que pueda adoptar cambios según varíe el volumen de producción, ingresen nuevos productos a la cadena productiva, se realicen ampliaciones, cambios en el proceso o en la maquinaria existente. Consiguiendo realizar todo lo anterior en poco tiempo y a un mínimo costo.

Esta flexibilidad puede clasificarse de diferentes maneras: volumen, nuevos productos, combinación de productos, expansión, asignación de rutas, manejo de materiales, etc.

Sin embargo; el objetivo seguido para medir la flexibilidad del layout es la minimización del volumen del flujo de costo de manejo de materiales y el costo de rediseño de planta.

- **Utilización del área productiva**

En general, “el nivel de utilización del área productiva se mide solo en términos de área libre disponible dentro de la planta” (HU y WANG, 2004). Del mismo modo, los autores Lin y Sharp (1999) utilizan dos medidas para calcular el área de utilización de una fábrica: proporción de área libre y área de distribución libre en el lugar de trabajo. Sin embargo; el error en estos conceptos puede orientarnos a la conclusión errónea de que

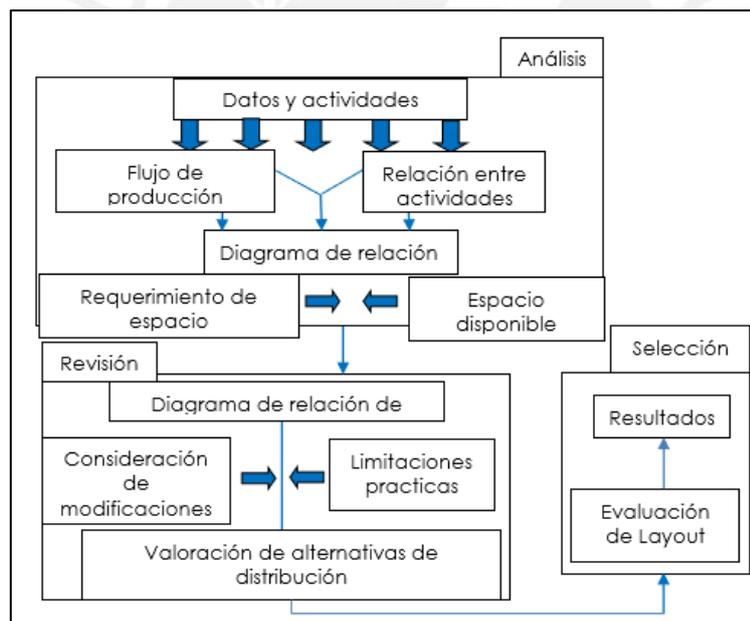
cuanto más ocupada esté un área, mayor es su utilización; lo cual no es necesariamente cierto.

Por lo tanto, según Blanco, una verdadera medida de utilización del área productiva solo puede lograrse mediante una medición precisa del área que ocupa cada elemento.

- **Proximidad**

Una alta interacción de departamentos e instalaciones puede llevar a una reducción significativa en las actividades totales de la planta. En consecuencia, la reducción de estas actividades minimiza el tiempo de producción correspondiente y el costo de manejo de materiales generado, estos implican dos de los objetivos de un diseño de planta eficiente.

De esta forma Blanco realiza un estudio para la elaboración del layout de una empresa utilizando el método SLP (Systemic Layout Planning), el cual se describe a continuación:



*Ilustración 15: Metodología SLP
Fuente: Adaptado de Layout (Blanco 2014, Figura 22.2)*

Flujo de Producción: El conocimiento del flujo de materias primas, productos en proceso y productos terminados es un factor clave. En cada etapa de la ruta se examinan los siguientes elementos:

- Eliminar: ¿La operación es necesaria o puede eliminarse?
- Combinar: ¿Se puede combinar con otra operación?
- Cambiar: Órdenes de operaciones, lugares de trabajo, trabajadores.

- Mejorar los detalles: ¿Se pueden mejorar los métodos o equipos?

Relación entre actividades: Para poder representar las relaciones encontradas de una forma lógica que permita clasificar de manera adecuada la intensidad entre las distintas actividades, se utiliza una Tabla de Relación de Actividades (TRA). Este diagrama se explicará al detalle más adelante.

Diagrama de Relación: La información recopilada hasta el momento, correspondiente tanto a las relaciones entre actividades como a la importancia que conlleva la proximidad relativa entre las mismas, se compila en el Diagrama Relacional de Actividades (DRA). Este diagrama está destinado a recopilar la distribución topológica en función a la información disponible.

Requerimiento de espacio y Espacio disponible: No existe en realidad un procedimiento general ideal para calcular las necesidades de espacio. El método a utilizar debe darse en términos del nivel de detalle en el que se esté trabajando o al que se quiera llegar. Para esto la experiencia previa cobra una gran relevancia.

Diagrama de Relación de Espacios: Este diagrama es similar al DRA antes mencionado, con la diferencia de que en este diagrama los símbolos distintivos de cada actividad están representados en una escala, de modo que el tamaño ocupado por cada uno es proporcional al área que se necesita para su desarrollo. Este diagrama también sirve para hacer diseños alternativos para darle solución a un problema. Lo ideal es tener varios layouts considerando los distintos factores y limitaciones prácticas que afectan a cada problema.

Valoración de Alternativas de Distribución: Una vez desarrolladas las soluciones, lo que prosigue es seleccionar una de ellas mediante una evaluación de las propuestas. La evaluación de los planes alternativos determinará cuál es la propuesta que ofrece el mejor diseño de planta. Esta evaluación se puede realizar de dos maneras:

- Comparar ventajas y desventajas: Es probablemente el método más sencillo. Enumera los pros y contras de cada alternativa. Sin embargo; este método es el menos preciso.
- Análisis de los factores ponderados: Este método consiste en la evaluación de las alternativas de layout con respecto a un cierto número de factores relevantes previamente definidos y asignados pesos distintos conforme a su relevancia. Se puede tomar como referencia una escala del 1 al 100. De esta manera se selecciona el layout con la puntuación más alta.

2.1.4. Aplicación de la simulación y modelado en computadora

Actualmente la simulación y el modelado en computadora se están convirtiendo en una parte fundamental e integral del proceso de planeación en el segmento de manufactura e industria a nivel mundial.

“La simulación puede usarse para predecir el comportamiento de un sistema de manufactura o servicio mediante el registro real de los movimientos y la interacción de los componentes del sistema, y ayuda en la optimización de este. El software de simulación genera reportes y estadísticas detallados que describen el comportamiento del sistema en estudio. Con base en dichos reportes, pueden evaluarse distribuciones físicas, selección de equipo, procedimientos de operación, asignación y utilización de recursos, políticas de inventario y otras características importantes del sistema.” (MEYERS, 2006).

A continuación, se propone un esquema básico para construir un modelo de simulación. Este proceso se puede modificar y replantear según las necesidades del planeador.

- **Definición del problema**

Plantear el problema y enunciar los objetivos del estudio a realizarse.

- **Definición del sistema**

Se determinan límites y restricciones del sistema en disponibilidad de recursos (tiempo, espacio, recursos financieros).

- **Modelo conceptual**

Modelo gráfico para definir componentes del sistema, variables e interacciones.

- **Diseño preliminar**

Se deciden y seleccionan aquellos factores que se consideren críticos para el rendimiento del desempeño; y se selecciona el nivel en que estos deben ser investigados.

- **Preparación de la entrada de datos**

Se debe asegurar la integridad de los datos de entrada, identificando los datos que requiere el sistema. La salida que se obtenga del sistema solo es confiable si los datos que ingresaron lo son también.

- **Traslación del modelo**

El planeador desarrollará el conocimiento funcional del paquete de simulación planteando este modelo en el lenguaje de simulación apropiado.

- **Verificación y validación**

El planeador debe verificar que el modelo representa al sistema para el cual fue concebido, si opera de manera correcta; y si las salidas que se obtienen son representativas.

- **Experimentación**

Se manipula el ambiente en tiempo real y esto sirve para comprender cómo influyen los cambios o modificaciones en la salida del proceso. Esto permite estudiar estos cambios y su impacto en el largo plazo para la planta.

- **Análisis e interpretación**

El planeador infiere los datos que genera la simulación. Con esto puede analizar el grado de dependencia que tienen los datos de salida con respecto a los de entrada.

- **Implantación y documentación**

Se registran, documentan e implantan los resultados.

Existen en el mercado dos categorías de software utilizadas por los planeadores. Todos estos son reconocidos por tener interfaces avanzadas y amigables con el usuario, con el fin de lograr los mejores resultados posibles. La primera incluye softwares como STORM, FactoryCAD, FactoryPLAN y SPIRAL. La segunda categoría incluye a PROMODEL, FactoryFLOW, FACTOR/AIM y ARENA.



*Ilustración 16: Ilustración tridimensional que representa una operación de ensamblado creada con FactoryCAD
Fuente: Engineering Annotation, Inc.*

2.2. Teoría para el diseño de plantas

En este capítulo se mencionarán técnicas que sirven para ayudar al planeador de instalaciones a situar cada departamento, oficina y otras áreas en la ubicación apropiada dentro de la planta.

2.2.1. Flujo de materiales

Lo principal en cualquier distribución es la secuencia de operaciones, la cual se basa en la circulación de material a través de los procesos. Es en este punto en donde se debe iniciar el análisis de distribución.

Hay varios tipos de diagramas utilizados para el análisis de flujos; entre los más importantes se tienen:

- Diagrama de Operaciones de Proceso (DOP)
- Diagrama Analítico de Proceso (DAP)
- Diagrama de Recorrido (DR)
- Diagrama Multiproducto
- Gráfico de Trayectorias

2.2.2. Análisis de Relaciones

Este análisis responde a la pregunta “¿Qué tan importante es para este departamento, oficina o instalación de servicios, estar cerca de otro departamento, oficina o instalación de servicios?” (MEYERS, 2006).

Las relaciones entre estos departamentos se pueden registrar con valores de relación de proximidad en un diagrama de relaciones. Para esto se recomiendan seguir algunas pautas:

- Considerar y anotar en los diagramas todos los departamentos con necesidades de espacio.
- Realizar entrevistas y encuestas con el personal involucrado en cada uno de estos departamentos.
- Definir los criterios para asignar relaciones de proximidad (Flujo de materiales, Grado de contacto del personal, Uso de registros en común, Supervisión, Ruido, polvo, entre otras).
- Establecer los valores de relación entre todos los pares.
- Brindar la oportunidad de mejora involucrando a demás integrantes del equipo y comentar los cambios que se planteen.

Para indicar estas relaciones se usan códigos de cercanía, los cuales reflejan la importancia de cada relación. Los códigos son los siguientes:

Tabla 3: Códigos de relación de actividades

<i>Código</i>	<i>Definición</i>
A	Absolutamente necesario que estos dos departamentos estén uno junto al otro
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinariamente importante
U	Sin importancia
X	No deseable

Fuente: Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales (MEYERS, 2006)

Para el planteamiento del diagrama de colocan por un lado las actividades o áreas que requieren un espacio dentro de la planta y de estas, se trazan líneas diagonales ascendentes y descendentes, de modo que se generen recuadros que permitan comparar las distintas paridades existentes. Dicho diagrama es ejemplificado en la Ilustración 17.

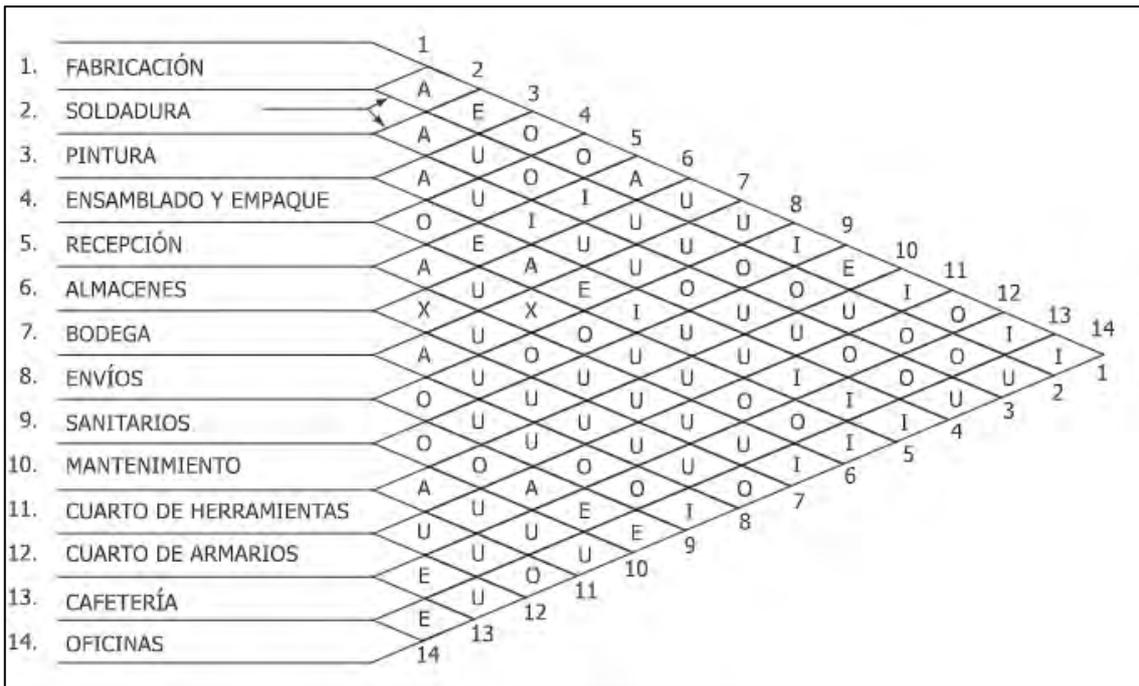


Ilustración 17: Diagrama de Relación de Actividades
 Fuente: Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales (MEYERS, 2006)

Luego de construido el Diagrama de Relación de Actividades (DRA), se procede a construir el Layout de Bloques Unitarios (LBU), el cual servirá de guía para ubicar las diferentes zonas de la planta futura. Para realizar el LBU se utiliza el algoritmo de Francis, el cual se describirá a continuación:

- Algoritmo de Francis

Se necesita hallar el RCT (Ratio de cercanía total). Este se obtiene sumando los valores asignados en el DRA a cada letra de la relación. Se considera una valoración de: A=10000, B=1000, I=100, O=10, U=0 y X = -10000.

Luego se elabora la tabla de secuencia de colocación:

Tabla 4: Tabla de secuencia de colocación

Orden	Depart.	Motivo
1°		
2°		
3°		

Fuente: Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales (MEYERS, 2006)

Se coloca en primer lugar al departamento o actividad con mayor RCT. De haber empate, se coloca al de mayor cantidad de A.

Si algún departamento tiene relación de X con el primero, se coloca al final etiquetándolo como “último departamento colocado”. Si más de uno tiene relación de X con el primero, se pone al final el que mayor cantidad de X tenga.

El segundo departamento o actividad a colocar será aquel que tenga relación de A con el primero y mayor RCT. Si algún departamento tiene relación de X con el segundo departamento colocado y ninguno con el primero, se coloca al final etiquetándolo como “último departamento colocado”. Si más de uno tiene relación de X con el segundo, se pone al final el que menor RCT tenga.

Si algún departamento tiene relación de X con el primero y segundo, se etiquetará como “siguiente al último departamento colocado”.

El tercer departamento a colocar será aquel que tenga mayor RCT entre los que tengan alguna relación de A con alguno de los departamentos ya colocados. De no tener ninguna relación de A con los ya colocados, se opta por tomar los que tengan relación de E.

De tampoco existir alguno con relación de E, se prosigo con los de relación de I y relación de O; y así a excepción de los previamente ya asignados para el final.

El cuarto departamento se asigna siguiendo el mismo criterio que el tercero.

El proceso se continua hasta tener a todos los departamentos o actividades ya asignados y en un orden determinado.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE UNA PLANTA DE ENSAMBLAJE DE AUTOS

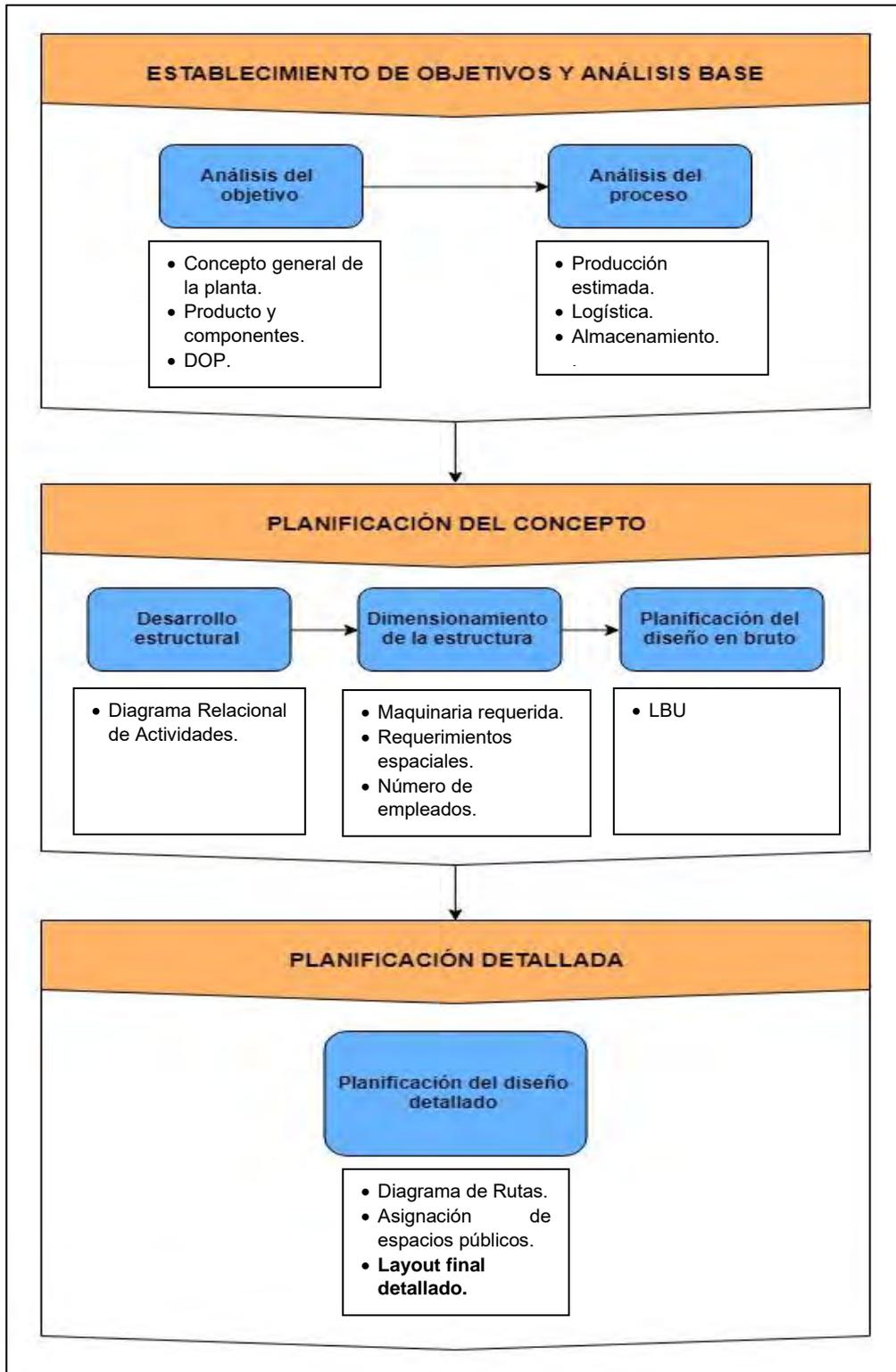


Ilustración 18: Propuesta para el Diseño de una planta de ensamblaje de autos eléctricos.

CAPÍTULO IV. DISEÑO DE LA PLANTA

4.1. Establecimiento de objetivos y análisis base

4.1.1. Análisis del objetivo

Concepto general de la planta

Lo que se busca en esta tesis es plantear un diseño óptimo de una planta de ensamblaje de autos eléctricos en el Perú, el cual pueda ser tomado como referencia por cualquier inversionista que quiera incursionar en este rubro en el país. El concepto de planta a desarrollar será el de una línea de ensamblaje moderna medianamente automatizada, que cuente con certificación de calidad ISO9001 que sea compacta, flexible a modificaciones futuras y utilice de manera eficiente los espacios disponibles.

Tanto la capacidad de la planta, como su producción estimada se detallarán más a detalle en el punto 4.1.2. “Análisis del proceso”.

Producto y componentes

El producto final esperado es un vehículo eléctrico de tipo Sedán orientado a su uso en ciudad y carreteras asfaltadas.

A continuación, se presenta un vehículo de la marca Hyundai para ejemplificar la tipología del modelo del vehículo a fabricar por esta planta de ensamblaje:



*Ilustración 19: Fotografía de auto de la marca Hyundai, modelo Elantra, año 2018
Fuente: www.hyundai.pe*

Los principales componentes para la fabricación de un vehículo de este tipo son los siguientes:

- Rollos de acero o aluminio: Usados como materia prima para la fabricación del esqueleto metálico del automóvil.

- Motor eléctrico: Encargado de generar la energía mecánica necesaria para poder mover el vehículo. El motor debe tener una potencia aproximada de 211KW (260 HP).
- Baterías: Se opta por tener un paquete de baterías, el cual será colocado a ras del suelo del auto para aumentar su estabilidad. Se emplean baterías de litio capaces de entregar entre 5000 y 6000 mA cada una. Cada paquete cuenta con alrededor de 2500 baterías de estas características.
- Controlador de poder: Convierte la corriente directa del paquete de baterías en corriente alterna la cual es requerida por el motor.
- Transmisión: Adapta la velocidad del motor eléctrico al nivel requerido por el eje de transmisión al mismo tiempo que amplifica el torque del motor.



Diseño de la Gráfica de Operaciones

A continuación, se presenta el DOP general para la fabricación de un auto eléctrico de características similares a las descritas en el punto anterior.

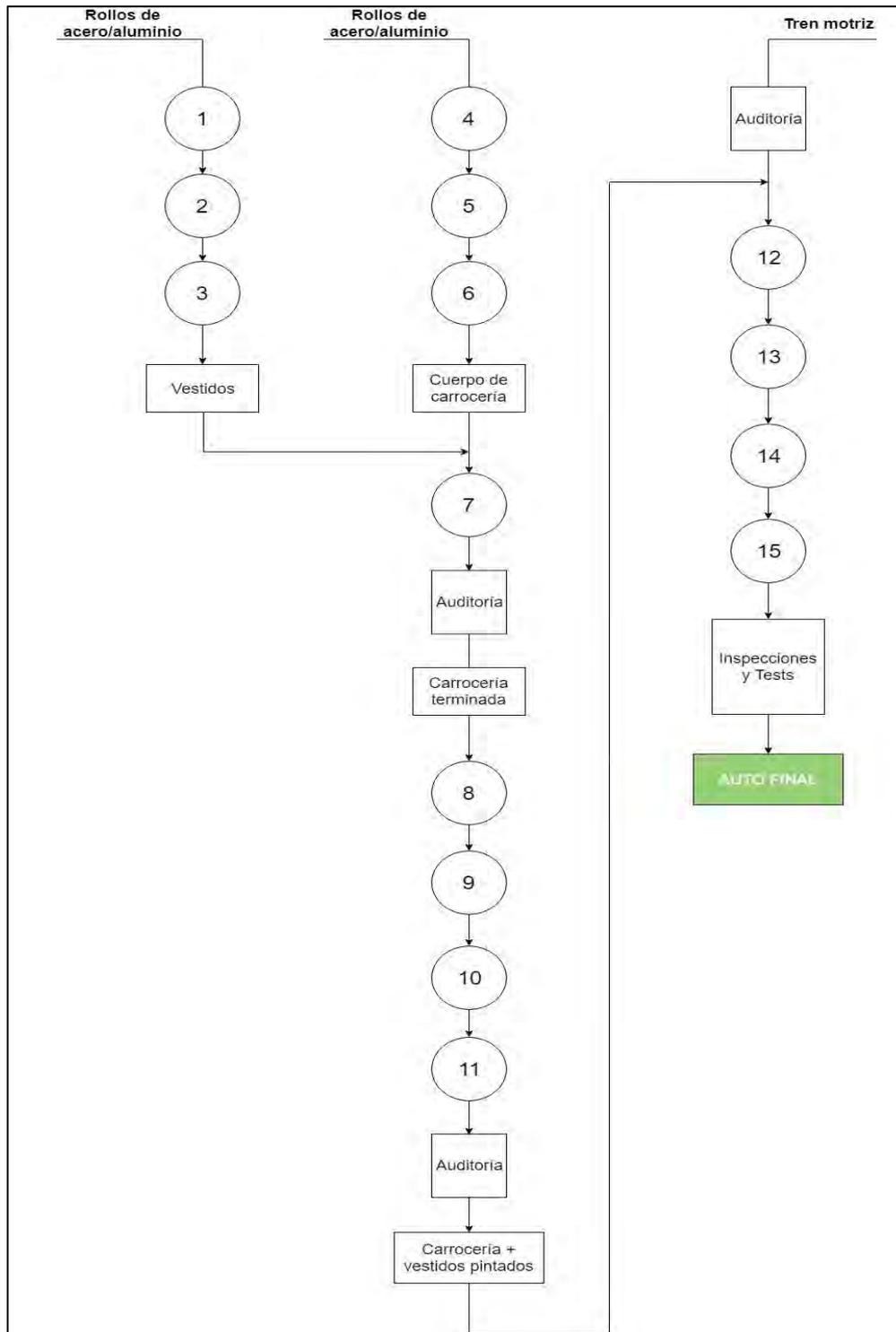


Ilustración 20: Diagrama de Gráfica de operaciones del ensamblaje de un auto eléctrico

A grandes rasgos se pasará a explicar cada uno de los procesos señalados en este DOP.

Tabla 5: Tabla de operaciones para el ensamblaje

Operación	Descripción
1	Desdoblado y aplanado para vestidos
2	Cortado en láminas para vestidos
3	Prensado para vestidos
4	Desdoblado y aplanado para cuerpo
5	Cortado en láminas para cuerpo
6	Prensado para cuerpo
7	Soldadura de partes
8	Pre desengrase
9	Desengrase
10	E-coat
11	Pintado
12	Acoplamiento
13	Cablería y sistemas eléctricos
14	Ventanas y Parabrisas
15	Mueblería, tapizado y acabados

1) Desdoblado y aplanado

La materia prima principal para la fabricación de la carrocería o el esqueleto del auto son rollos de acero o aluminio. Estas vienen del proveedor con esta forma con las dimensiones requeridas por la planta. La primera operación consiste en Desdoblar y aplanar estos rollos, de manera que lo que se obtengan sean láminas planas y uniformes.

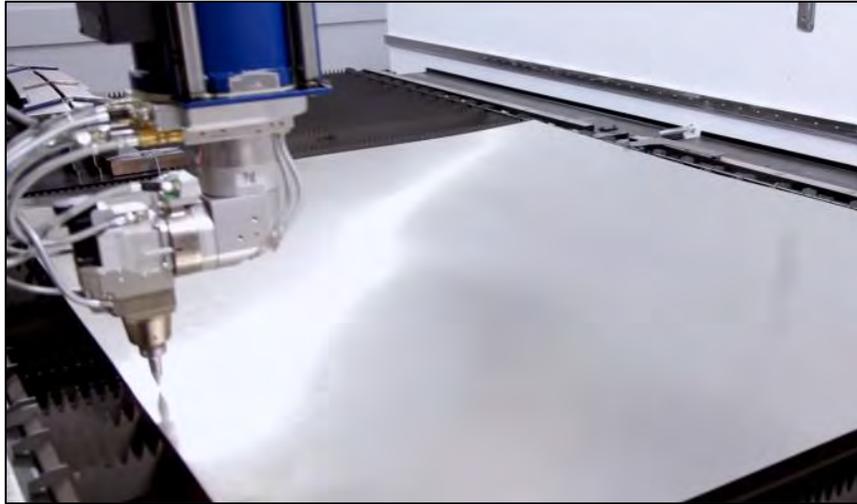


Ilustración 21: Desdoblado y aplanado de rollos de aluminio

Fuente: "How the Tesla Model S is made", Youtube

2) Cortado en láminas

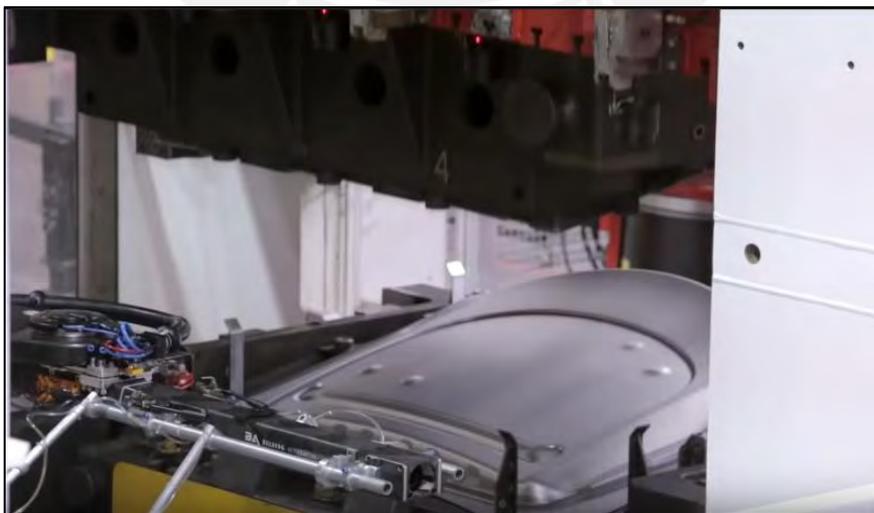
Estas láminas son cortadas usando láser para obtener partes más pequeñas, cuyos tamaños ya están estandarizados según la posterior forma que se les vaya a dar. Se recortan pedazos más pequeños para las puertas, capot y maletera (A estas componentes se les conoce como “vestidos” del auto); y pedazos más grandes para las piezas que formarán el cuerpo en sí de la carrocería.



*Ilustración 22: Cortado en láminas con láser
Fuente: “How the Tesla Model S is made”, Youtube*

3) Prensado

Una vez obtenidos estos pedazos de láminas, se procede a prensarlos para darles el modelado que se requiere. Se prensan cada una de las partes de los vestidos y, componentes de la carrocería individualmente.



*Ilustración 23: Prensado y modelado
Fuente: “How the Tesla Model S is made”, Youtube*

7) Soldadura de partes

Posteriormente se unen el cuerpo de la carrocería y los vestidos por medio de electrosoldadura. Se realiza una inspección para verificar que las uniones estén bien hechas y con esto la carrocería del auto ya está terminada.



Ilustración 24: Electrosoldadura por puntos de la carrocería
Fuente: "How the Tesla Model S is made", Youtube

8) Pre desengrase

Todo este armazón es lavado con agua a altas temperaturas y alta presión con lo que se obtiene un pre desengrase de la carrocería.



Ilustración 25: Pre desengrase de la carrocería
Fuente: "How the Tesla Model S is made", Youtube

9) Desengrase

Posteriormente se le sumerge en químicos lo cual culmina con el proceso de desengrase. Esta operación es muy importante, pues los rollos de acero o aluminio que llegan de fábrica presentan suciedad, además de grasa, y esto perjudica el posterior proceso de pintado.

10) E-coat

La carrocería desengrasada es sumergida en un baño de pintura electroforética (e-coat), cuyo principal objetivo es mejorar la protección ante la corrosión y aumentar la resistencia al desgaste de la pieza. Es un proceso muy utilizado en la industria automotriz debido a la efectividad de cubrir todos los espacios de la carrocería, además de darle un fino acabado.



*Ilustración 26: Inmersión de la carrocería en pintura electroforética
Fuente: "Mercedes Benz C Class Production", Youtube*

11) Pintado

Posterior a ello se procede con el pintado, el cual puede ser realizado por robots computarizados o manualmente por operarios. Cualquiera sea el método empleado se deben utilizar rociadores de presión positiva para lograr la uniformidad de tonos de color en la carrocería, además de que este proceso debe ser realizado en un ambiente aislado para evitar la presencia de partículas que dañen el acabado final del auto. De igual manera al finalizar con el pintado se realiza una inspección para comprobar que no haya burbujas de aire o algún otro defecto de pintura.

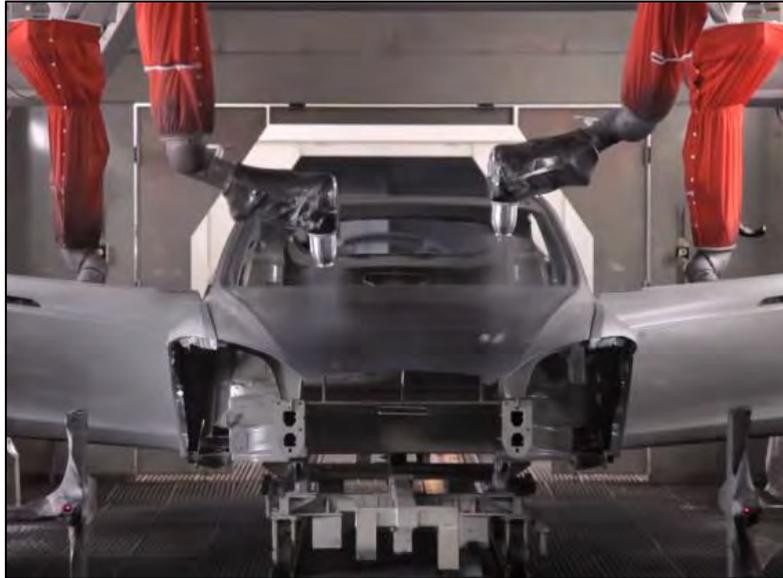


Ilustración 27: Pintado de la carrocería realizado con robots

Fuente: "How the Tesla Model S is made", Youtube

12) Acoplamiento

Se debe señalar para las siguientes operaciones que el tren motriz; es decir, aquel compuesto por el motor eléctrico, el paquete de baterías, la transmisión, el armazón o eje y el sistema de suspensión y neumáticos, entra al proceso de ensamblaje como una estructura sola a la cual en la industria se le conoce como "Drive train". Estos componentes son fabricados y preensamblados en otra locación propiedad de la empresa, o se puede designar su fabricación a un tercero. En la presente tesis no se considera el ensamble del tren motriz como parte de la planta, pues este proceso demanda en sí un considerable espacio que conllevaría a diseñar una planta adicional solo para esta componente. Para mayor entendimiento de los procesos que conlleva el ensamblaje del tren motriz, se presenta su DOP a continuación:

Tabla 6: Tabla de Operaciones e Inspecciones para el Ensamblaje del tren motriz

Operación	Descripción
1	Acoplamiento de baterías
2	Acoplamiento de motor
3	Instalación
Inspección	Descripción
1	Inspección tornillos

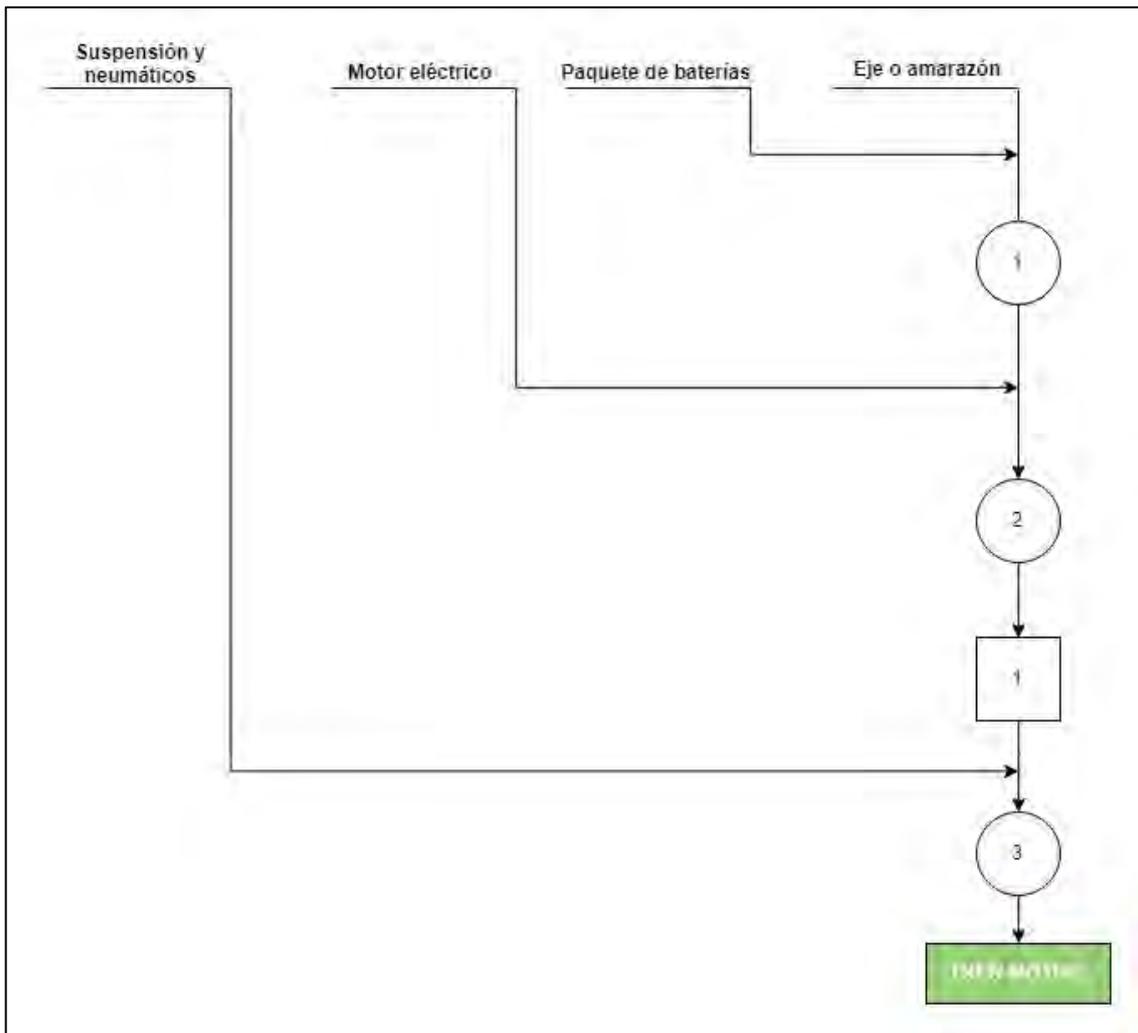


Ilustración 28: Diagrama de Gráfica de Operaciones del Ensamblaje del tren motriz

El acoplamiento consiste en integrar el tren motriz o Drive Train a la carrocería. Este ingresa por debajo de la misma y es asegurado con tornillos y/o puntos electrosoldados.



Ilustración 29: "Drive train" listo para ser acoplado a la carrocería
Fuente: Drive train del modelo i3 de la marca BMW



*Ilustración 30: Acoplamiento entre el tren motriz y la carrocería
Fuente: BMW i3 production – Leipzig, Youtube*

13) Cablería y sistemas eléctricos

Lo que sigue es la instalación de la cablería general y sistemas eléctricos del cual se encargan principalmente operarios. Esta operación también incluye la instalación del tablero.



*Ilustración 31: Instalación del tablero y sistemas eléctricos
Fuente: 2020 BMW X7 – Producción, Youtube*

14) Ventanas y parabrisas

Se instalan las ventanas y los parabrisas. Esta función está a cargo de operarios, los cuales se apoyan de robots para poder cargar y movilizar estas piezas.



*Ilustración 32: Ejemplo de instalación automatizada de parabrisas
Fuente: Volkswagen Golf Production Line 2017, Youtube*

15) Mueblería, Tapizado y Acabados

Como última operación, se procede a tapizar, instalar la mueblería y el detalle de los acabados.



*Ilustración 33: Instalación de la mueblería por parte de los operarios
Fuente: 2020 BMW X7 – Producción, Youtube*

Finalizado esta operación lo que ya se tiene es un automóvil eléctrico plenamente funcional. Por temas de control de calidad la fase final es de inspección y prueba de todos los componentes del auto tanto mecánicos como eléctricos.

4.1.2. Análisis del proceso

En el Perú actualmente no existen referentes de empresas que se encarguen de ensamblar autos, mucho menos eléctricos. Para poder determinar la capacidad de la planta o la demanda estimada se tuvo que recurrir a buscar en Latinoamérica empresas emergentes o ya establecidas en el mercado que tuvieran un sistema de producción establecido y una cuota de fabricación anual determinada.

El caso más resaltante es el de una marca mexicana llamada “Zacua”, la cual el año 2018 fue foco de la prensa de ese país por ser considerado el primer auto eléctrico de fabricación mexicana. Según estimaciones de esta empresa se plantean cuotas de producción de la siguiente manera:

“Este año (2018) se planea producir la serie de lanzamiento de cien unidades; en 2019 se espera duplicar la producción y así ir incrementando paulatinamente hasta llegar a su capacidad potencial de dos mil unidades al año” (FORBES MX, 2018)

Este planteamiento de producción progresiva va de la mano con lo señalado en el artículo “Future assembly structures for electric vehicles” de los autores Kampker, Schuh y Swist en la revista ATZ Production Worldwide en el año 2011. Lo que se señala en este artículo es que las actuales estructuras de ensamblaje de autos que manejan las empresas automotrices están caracterizadas por conceptos rígidos que cumplan para producciones de gran escala. Las ventajas de estas estructuras son la alta productividad que se obtiene y el diseño de los puestos de trabajo con alta ergonomía. Lamentablemente la mayor desventaja es el alto costo de inversión inicial que se requiere para una implementación de este tipo.

Debido a que el mercado para los autos eléctricos ha venido y se proyecta a estar marcado por un constante crecimiento para los próximos años, los nuevos fabricantes de autos eléctricos tendrán que constantemente ajustar el punto operativo de sus líneas de producción; aunque la necesidad de adaptación va más allá del nivel que se puede lograr a través de modelos de tiempo de trabajo. Son necesarias modificaciones estructurales de la línea de ensamblaje. Modificar una línea de ensamblaje rígida como las utilizadas en las plantas de grandes empresas automotrices es muy costoso y complicado de aplicar.

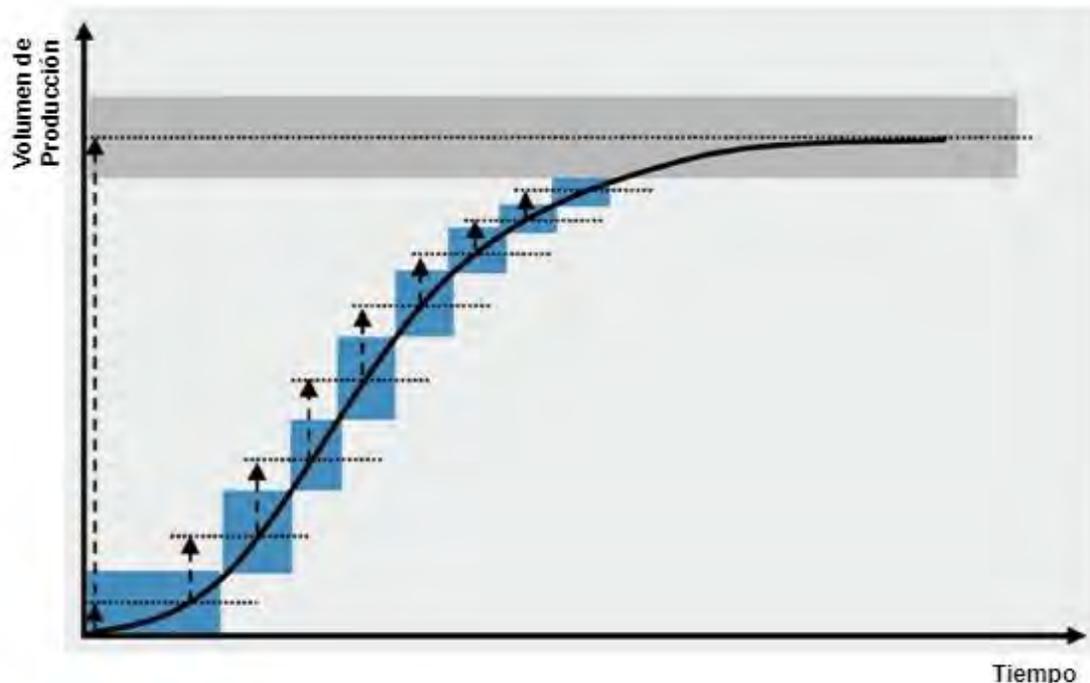


Ilustración 34: Comparación entre estructura de ensamblaje convencional vs escalable
 Fuente: Adaptado de "Future assembly structures for electric vehicles" (KAMPKER 2011, Figura 3)

- Desarrollo del mercado para la movilidad eléctrica.
- Punto operativo del layout.
- ➔ Inversión para adaptar el punto operativo.
- Área de producción eficiente al costo utilizando una estructura convencional de ensamblaje.
- Área de producción eficiente al costo utilizando una estructura de ensamblaje escalable.

En contraste con este concepto, **los autores señalan que lo más óptimo es desarrollar estructuras de ensamblaje escalables que tienen en cuenta una extensión gradual de la producción en función del punto de operación.** En la producción en series pequeñas (como para nuevas empresas insertándose en el mercado), el ensamblaje se realiza en una línea final con largos tiempos de ciclo. Tal y como lo plantea la empresa Zacua en su primer año de producción de 100 unidades, y su segundo año con 200 esta metodología es aplicable. Cuando las cantidades de demanda aumentan, el tiempo de ciclo se acorta y un número creciente de pasos de ensamblaje se subcontrata al preensamblaje modular.

La presente tesis se realizará para una producción estimada de 2,000 vehículos al año y el diseño de la planta se realizará tomando esta cifra como base y horizonte. Sin embargo; se plantearán también los escenarios previos en el diseño de la planta que tomen en cuenta estructuras de ensamblaje escalables.

Bajo este planteamiento ya definido y teniendo claras las operaciones a seguir en el proceso de ensamblaje de un vehículo de esta categoría, se procede a definir los espacios requeridos para la producción:

- 1: Área de desdoblado y aplanado
- 2: Área de corte
- 3: Área de prensado
- 4: Área de unión de carrocería
- 5: Zona de lavado pre desengrase
- 6: Zona de inmersión desengrase
- 7: Zona e-coat
- 8: Cámara de pintado
- 9: Línea de acoplamiento carrocería – tren motriz.
- 10: Línea instalación de cablería y sistemas eléctricos.
- 11: Línea instalación de ventanas y parabrisas.
- 12: Línea instalación de mueblería, tapizado y acabados.



Ilustración 35: Modularización de espacios de producción

Además, también se requieren de espacios de almacenamiento de materias primas, componentes traídos de los proveedores y, almacenes de productos en proceso. Estos serán los siguientes:

- 13: Zona almacén de rollos de acero/aluminio.
- 14: Almacén de partes cuerpo de carrocería.
- 15: Almacén de vestidos.
- 16: Zona de tren motriz.
- 17: Almacén ventanas y parabrisas.
- 18: Almacén de componentes eléctricos.
- 19: Almacén mueblería y tapizado.
- 20: Zona de inspección final.
- 21: Playa de autos terminados.



Ilustración 36: Modularización de espacios secundarios

4.2. Planificación del concepto

4.2.1. Diseño estructural

Diagrama Relacional de Actividades

A continuación, se presenta en Diagrama Relacional de Actividades, el cual ha sido realizado siguiendo los conceptos teóricos planteados en el punto 2.2.2.

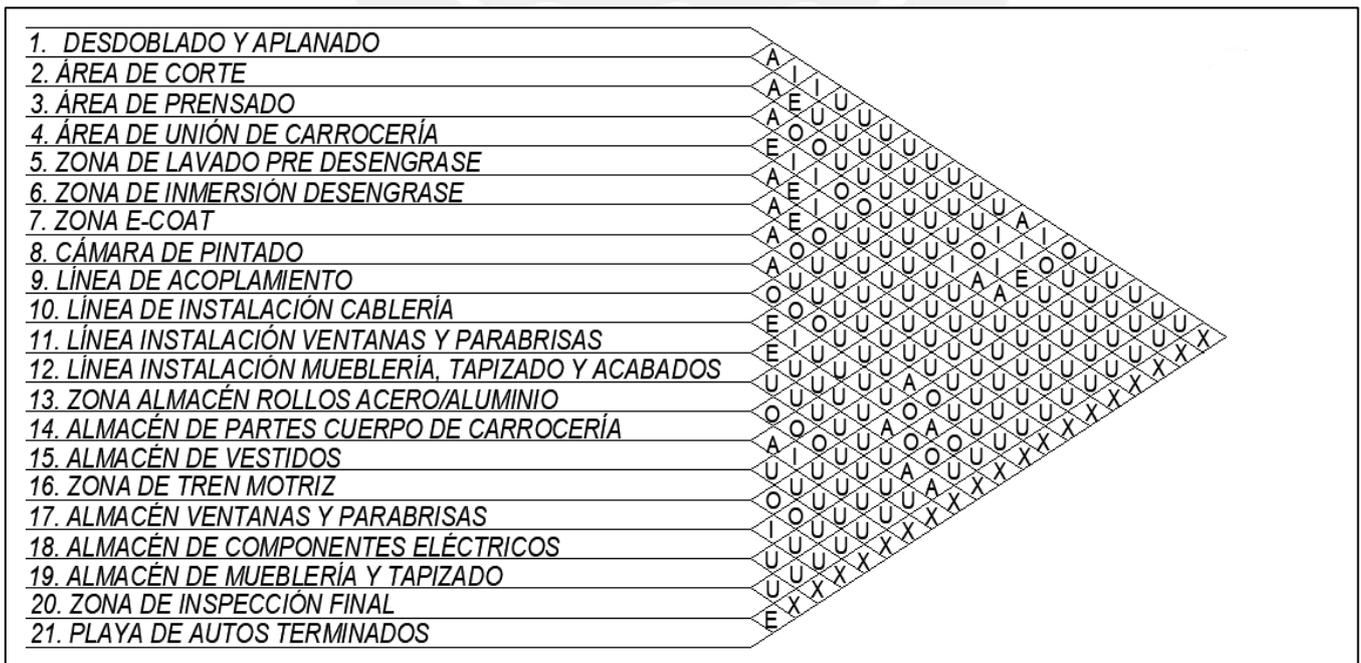


Ilustración 37: Diagrama Relacional de Actividades

4.2.2. Dimensionamiento de la estructura

Maquinaria requerida

Para poder conocer la maquinaria total que será requerida en el proceso debemos antes calcular la capacidad instalada de la planta. Previamente se mencionó que el desarrollo de esta tesis se desarrollará en torno a una producción base de 2000 autos eléctricos al año, la cual por factores del tipo de negocio se tomará que se trabaja en planta en un turno de 8 horas diarias, 260 días al año. **Con estos datos se puede conocer que se fabricarán aproximadamente 8 autos por día.**

Los T.E. considerados en la Tabla 7 fueron obtenidos del video “VOLKSWAGEN Golf Production Line 2017” y se toman como referencia para poder calcular la cantidad de máquinas asignadas que se requerirán en cada una de las estaciones de trabajo.

A continuación, se procede a calcular la maquinaria requerida para las operaciones definidas en el DOP que necesiten de la misma:

Tabla 7: Tabla para el cálculo de máquinas por puesto

Puesto u Operación	T.E. por puesto (min)	Factor de Eficiencia	Factor de Utilización	TE Ajustado (min)	Demanda	Número de máquinas	Máquinas asignadas
Desdoblado y aplanado para vestidos	25	75%	90%	37.0	8	0.417	1
Prensado para vestidos	5.5	75%	90%	8.1	8	0.092	1
Desdoblado y aplanado para cuerpo	28	75%	90%	41.5	8	0.467	1
Prensado para cuerpo	8.75	75%	90%	13.0	8	0.146	1
Soldadura de partes	36	75%	90%	53.3	8	0.600	1
Cablería y sistemas eléctricos	115	75%	90%	170.4	8	1.917	2
Ventanas y Parabrisas	25	75%	90%	37.0	8	0.417	1
Mueblería, tapizado y acabados	35	75%	90%	51.9	8	0.583	1

Fuente: Elaboración propia en base a la toma de tiempos de la línea de producción de un Volkswagen Golf 2017

Con la cantidad de máquinas requeridas para cada uno de estos puestos, junto con la naturaleza de los mismos, ya se puede plantear una búsqueda entre las empresas fabricantes con el fin de determinar las máquinas más adecuadas para el proceso de ensamblaje de un auto; además de sus dimensiones, lo cual servirá más adelante para calcular las dimensiones de cada uno de los puestos de trabajo en la planta.

A continuación, se presentan las posibles máquinas potenciales a utilizar en la planta junto con sus dimensiones:

Tabla 8: Maquinaria requerida en el proceso

Puesto u Operación	Maquinaria	Dimensión (L x A) m	Proveedor	Uso
Desdoblado y aplanado para vestidos	Máquina desbobinadora automática	24 x 5.5	TEWEI	Se utiliza para extender la bobina de acero, nivelar y cortar el tamaño de la solicitud.
Prensado para vestidos	Prensa de estampado MC 3000	3 x 1.4	SCHULER	Moldeado y estampado de láminas de acero para transformarlas en partes de carrocería.
Desdoblado y aplanado para cuerpo	Máquina desbobinadora automática	24 x 5.5	TEWEI	Se utiliza para extender la bobina de acero, nivelar y cortar el tamaño de la solicitud.
Prensado para cuerpo	Prensa de estampado MC 3000	3 x 1.4	SCHULER	Moldeado y estampado de láminas de acero para transformarlas en partes de carrocería.
Soldadura de partes	KUKA KR 125	2.4 X 2.4	KUKA	Robot mecánico usado para la soldadura por puntos de la carrocería.
Cablería y sistemas eléctricos	KUKA KR 360 FORTEC	3.3 x 3.3	KUKA	Robot mecánico de alta precisión utilizado para levantar y posicionar elementos pesados.
Ventanas y Parabrisas	KUKA KR 360 FORTEC	3.3 x 3.3	KUKA	Robot mecánico de alta precisión utilizado para levantar y posicionar elementos pesados.
Mueblería, tapizado y acabados	IRB 6640	2.5 x 2.5	ABB	Brazo mecánico apropiado para aplicaciones de manipulación de materiales pesados.

Fuente: Elaboración propia en base a los productos ofrecidos por los proveedores mencionados

Requerimientos espaciales

En esta etapa del proyecto es necesario conocer el tamaño total de la planta, así como también su forma. Para esto es preciso conocer la cantidad de máquinas a utilizar en la planta, así como también sus dimensiones (esto ya se ha indicado previamente en “Maquinaria requerida”).

Además, cabe resaltar que tal como se indicó en 4.1.1. Análisis del objetivo, el producto final es un vehículo de tipo Sedán; tomándose como ejemplo un Hyundai Elantra del año 2018.

Solo con fines referenciales se tomarán en esta presente tesis las mismas dimensiones que el modelo de Hyundai (4.6m x 1.8m) para el cálculo de áreas de las líneas de ensamblaje, zonas de transporte, zona de pintado, etc.

Para calcular las áreas exactas se utilizará el **método Guerchett**, el cual se define por la siguiente fórmula:

$$ST = SS + SG + SE$$

Donde:

- ST: Área total requerida
- SS: Superficie estática
Corresponde al área de terreno que ocupan los muebles, maquinarias y equipos.

$$SS = L \times A$$

- SG: Superficie gravitacional
Superficie utilizada por el operario y/o el material acopiado para las operaciones alrededor de la máquina o puesto de trabajo.

$$SG = SS \times N$$

- SE: Superficie evolutiva
Considerada para los desplazamientos de personal, de equipo y salida del producto terminado. El coeficiente de evolución (k) para este caso le será otorgado el valor de 0.15, esto siguiendo los lineamientos planteados por Pierre Michel en su libro "Distribución en planta" (1968)

$$SE = (SS + SG)k$$

Entonces, para los puestos y operaciones definidos en la Tabla 9 (valores en m) se tiene:

Tabla 9: Cálculo de áreas utilizando Guerchett

N°	Departamento	Puesto u Operación	n	N	L	A	k	SS	SG	SE	ST
1	Área de desdoblado y aplanado.	Desdoblado y aplanado para vestidos	1	2	9	3	0.15	27	54	12.15	93.15
		Desdoblado y aplanado para cuerpo	1	2	9	3	0.15	27	54	12.15	93.15
3	Área de prensado	Prensado para vestidos	1	1	3	1.4	0.15	4.2	4.2	1.26	9.66
		Prensado para cuerpo	1	1	3	1.4	0.15	4.2	4.2	1.26	9.66
4	Área de unión de carrocería	Soldadura de partes	1	1	2.4	2.4	0.15	5.76	5.76	1.728	13.248
10	Línea instalación de cablería y sistemas eléctricos.	Cablería y sistemas eléctricos	2	1	3.3	3.3	0.15	10.89	10.89	3.267	25.047
11	Línea instalación de ventanas y parabrisas.	Ventanas y Parabrisas	1	1	3.3	3.3	0.15	10.89	10.89	3.267	25.047
12	Línea instalación de mueblería, tapizado y acabados.	Mueblería, tapizado y acabados	1	1	2.5	2.5	0.15	6.25	6.25	1.875	14.375
TOTAL											283.337

Solo en estos cinco espacios ya se tienen con casi 280 metros requeridos para la planta. A continuación, se procede a calcular las áreas necesarias para cada uno de los otros espacios definidos en 4.1.2. Análisis del proceso:

- Área de corte

Se realiza con láser y una vez que las láminas de acero hayan sido enderezadas. Para esto se requiere de un robot de alta precisión el cual posee las siguientes dimensiones:

Tabla 10: Dimensiones de la cortadora láser

Puesto u Operación	Maquinaria	Dimensión (L x A) m	Proveedor
Cortado en láminas	STAUBLI ABB	1.4 x 2	KAWASAKI

Fuente: Elaboración propia a partir de los productos ofrecidos por Kawasaki

Este brazo se colocará de preferencia en el techo para así poder darle el mayor alcance y le sea posible cortar piezas de gran dimensión como las requeridas en la fabricación de un automóvil. Además, esto da versatilidad a la planta de poder transformarse o ampliarse según varíe su demanda. Siendo este uno de los principales ejes de la planificación sinérgica dada por Wiendahl.



*Ilustración 38: Brazo robot Kawasaki ABB para corte de metales en la industria automotriz
Fuente: www.alibaba.com*

Por recomendación de la marca se deja 0.5 metros a cada lado próximo al área de trabajo. En esta tesis se considera que los operarios pueden ingresar y retirar las partes de carrocería por cualquiera de los 4 perfiles; por ende, se procede a añadir este espacio de seguridad haciendo sus nuevas dimensiones: 3.0 x 2.4m

$$\text{Área requerida} = 7.2 \text{ m}^2$$

- Zona de lavado pre desengrase

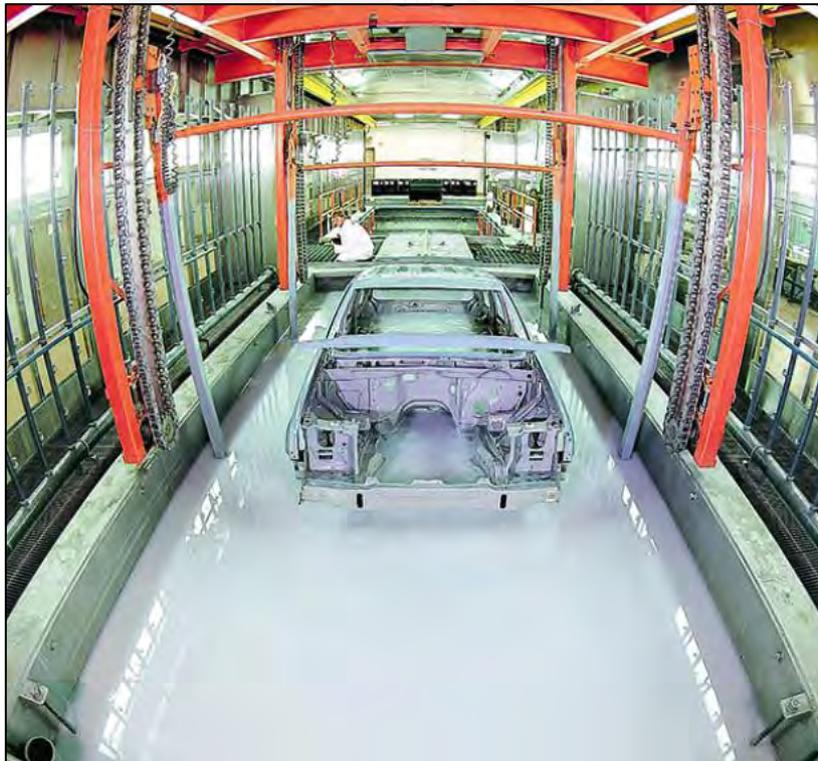
Esta debe ser una zona de pasarela por la que trascurre el vehículo y debe tener las dimensiones necesarias para acogerlo. Además, se establece un margen de 0.3 metros a cada uno de los lados de la carrocería del vehículo para evitar contacto con los equipos de lavado. Entonces, añadiendo estos márgenes la dimensión de este espacio sería: 5.2 x 2.4m.

$$\text{Área requerida} = 12.48 \text{ m}^2$$

- Zona de inmersión desengrase y Zona e-coat

Tal como se describió en el Diseño de la Gráfica de Operaciones, estas dos zonas son consideradas como “de inmersión”, pues es la carrocería la que se sumergirá en líquidos que le podrán dar un acabado apropiado antes de pasar a la cámara de pintado.

En este trabajo de investigación, si bien en el Diagrama Relacional de Actividades se plantearon ambas áreas como independientes, en la realidad estas deberán ir juntas y aisladas de las demás estaciones por temas prácticos. Se planteará entonces una distribución y dimensionamiento similar a la siguiente Ilustración:



*Ilustración 39: Proceso de desengrase y recubrimiento e-coat
Fuente: Revista FERREPRO MX, Publicación N°18*

Para dimensionar estas zonas es fundamental tomar en cuenta que las piscinas de inmersión cuenten con el espacio suficiente para poder acoger a los autos, cuyas dimensiones ya se tienen definidas (4.6m x 1.8m).

Se propone entonces el siguiente dimensionamiento:

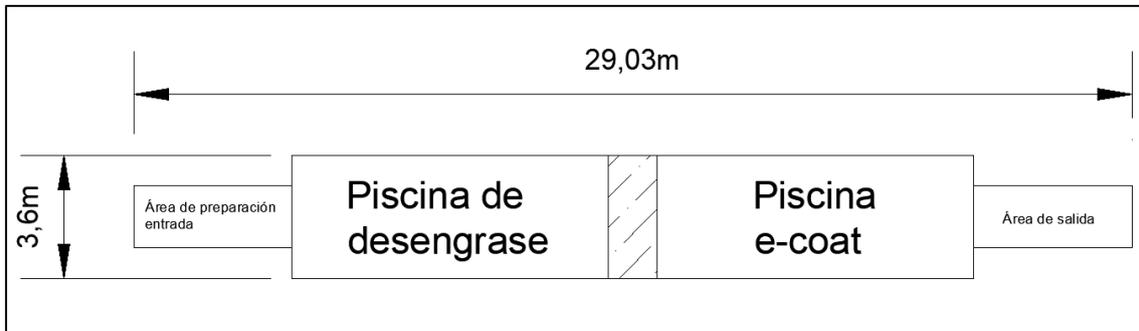


Ilustración 40: Dimensionamiento para Zona Desengrase e E-coat

$$\text{Área requerida} = 104.51 \text{ m}^2$$

- **Cámara de pintado**

Determinar el tamaño de la cámara de pintado es un paso importante, en el cual influye principalmente el tipo de funcionamiento (manual o automático).

Una cámara de pintado correctamente dimensionada ayuda al correcto desempeño de los operarios (suficiente espacio para moverse, agacharse y permitir un movimiento de brazos fluido) o, de ser automatizada proporcionará suficiente espacio al equipo automático para poder operar eficientemente.

Son dos las dimensiones a determinar en una cámara de pintado para poder hallar el área requerida:

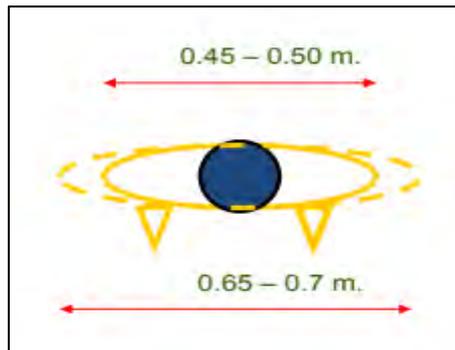
Ancho:

Se debe medir el ancho del vehículo a pintar (en este caso 1.8m) y agregar dos pies (0.6m) a cada lado. En el caso de cámaras de pintado con múltiple operador se agregan adicionalmente de 6 a 8 pies (2.4m) a la anchura. Esto con el fin de que el operario pueda trabajar cómodamente. Con las medidas referenciales para esta tesis se tendría la siguiente medida de ancho:

$$\text{Ancho requerido} = 5.4 \text{ m}$$

Profundidad:

Se agregará 1m a cada extremo por donde se pintará el vehículo, además de 0.7m que es el máximo aproximado del ancho de un operario (Ver Ilustración 41).



*Ilustración 41: Ancho promedio de un operario
Fuente: Basado en el capítulo 9 del libro de MEYERS: Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*

Por ende, con las medidas referenciales para esta tesis se tendría la siguiente medida de profundidad:

$$\text{Profundidad requerida} = 8 \text{ m}$$

Con estas dos dimensiones ya se puede obtener el área requerida para la cámara de pintado de la planta:

$$\text{Área requerida} = 43.2 \text{ m}^2$$

- Línea de acoplamiento carrocería-tren motriz

Para dimensionar esta línea que compone el acoplamiento entre la carrocería que es el resultado de la unión por soldadura de las componentes principales del chasis y los vestidos y, el tren motriz o Drive train; se debe dejar en claro que las líneas de ensamble están diseñadas para una disposición en planta secuencial tanto de operarios, maquinaria y partes.

Esta línea de acoplamiento debe seguir dimensiones parecidas al menos en ancho junto con las de Cables y sistemas eléctricos, ventanas y parabrasis y, mueblería y tapizado. Esto con el fin de darle una continuidad al proceso y se facilite el trabajo y posicionamiento de los operarios.

Bajo esta premisa esta parte de la planta debe tener una forma proporcional a la del vehículo en fabricación y, al ser este un proceso básicamente de unión entre dos componentes se definen espacios de 1.5m a cada uno de los lados del vehículo para el libre tránsito de los operarios. Esta distancia les proporciona espacio suficiente para circular, además de un gap de seguridad ante cualquier imprevisto.

El diseño referencial es el siguiente:

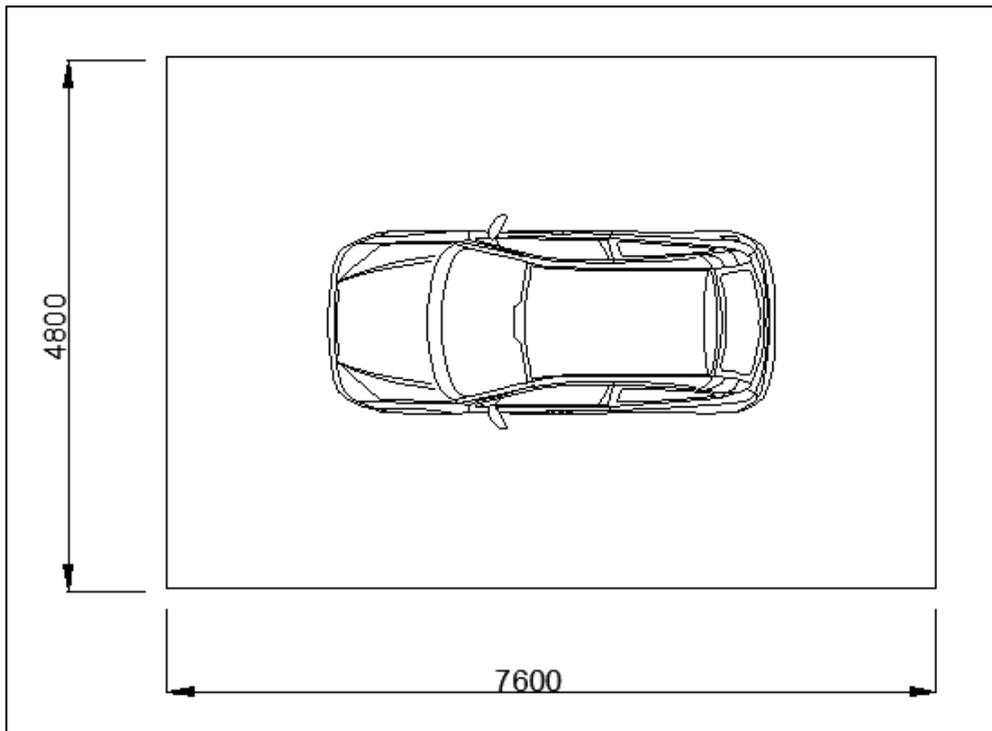


Ilustración 42: Dimensionamiento (en mm) de Línea de acoplamiento carrocería - tren motriz

Por lo tanto:

$$\text{Área requerida} = 36.48\text{m}^2$$

- Zona de almacén de rollos de acero/aluminio

Para la elaboración de las partes que componen la carrocería del auto se requiere como insumo principal láminas de acero o aluminio, las cuales al ser pasadas por un proceso de corte y prensado se obtendrán los componentes deseados.

Las láminas de acero vienen en forma de rollos según especificaciones requeridas por el cliente. Para el proceso de ensamblaje de autos el tipo de rollo mayormente utilizado en la industria es el que posee un espesor de 2mm, ancho de 2m, longitud de 100m y un diámetro de 1.25m. (SHANGAI METAL CORPORATION, 2019).

La planta en su pico máximo de 2000 vehículos de producción al año produce en promedio 8 autos por día. Para fines prácticos la zona de almacén de los rollos de acero tendrá un abasto mínimo de producción de una semana; es decir, 40 autos.

La elaboración de la carrocería de un auto tipo sedán como el considerado en esta tesis requiere de un aproximado de 20m² de laminado de acero o aluminio. Los rollos usados en esta planta tienen un área total de aproximadamente 200m² (cabe señalar que esta área puede variar, pues los proveedores mandan los rollos de las dimensiones de longitud que se le soliciten. Si en un futuro la fábrica modifica su

política de inventarios, esto puede variar) lo que rinde una fabricación de 10 autos. Para una producción semanal de 40, como se mencionó anteriormente, entonces se requerirán de 4 de estos rollos.

La forma de almacenarlos suele ser con su parte curva hacia el suelo y se suelen poner trancas o cuñas a los lados para evitar su rotación. Un ejemplo visual es el colocado en la Ilustración 43.



Ilustración 43: Rollos de acero/aluminio
Fuente: www.grandhunt.com

Para su distribución en planta se considerará una separación de 0.8m entre cada uno de los rollos (lo suficiente para que un operario pueda circular) y un perímetro de seguridad de 0.5m. El layout de esta zona junto con el área requerida serán los siguientes:

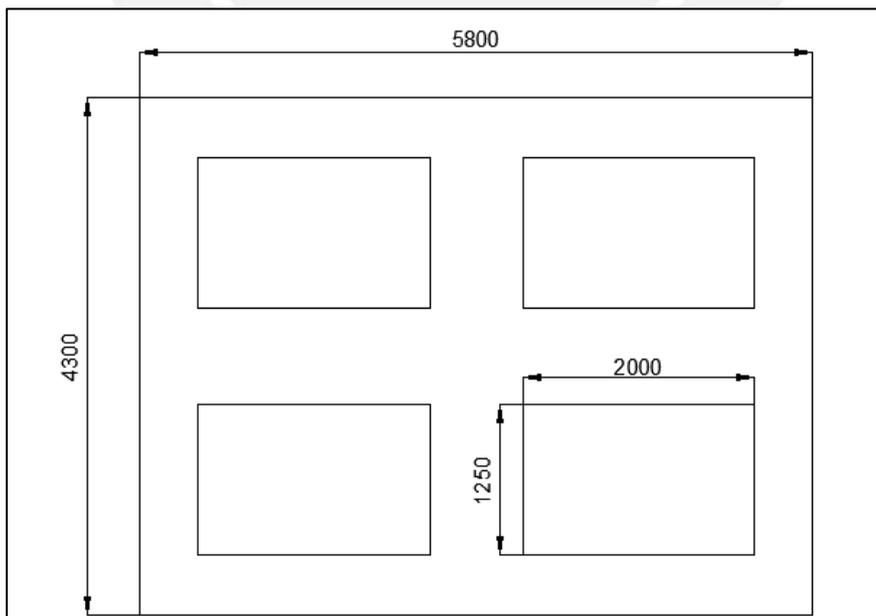


Ilustración 44: Dimensionamiento (en mm) de Zona de almacén de rollos de acero/aluminio

Por lo tanto:

$$\text{Área requerida} = 24.94m^2$$

- Almacén de partes cuerpo de carrocería

Posterior al prensado en donde se obtienen ya las piezas que compondrán el cuerpo de la carrocería del auto, estas deben ser almacenadas con el fin de contar con cierto stock durante la producción. Debido a que estos son los insumos principales en el armado del auto, el inventario asignado referencial será de solo 20 autos por semana. Lo utilizado en la industria para almacenar este tipo de piezas son las estanterías. Según el artículo “*Papel de la Logística en las empresas actuales*” publicado en la revista Transporte y Logística en el año 2003 existen varios tipos en los que se puede clasificar a una estantería.

Tabla 11: Características y prestaciones de sistemas de almacenaje

Cuadro 1: Características y prestaciones de los sistemas de almacenaje					
Característica	Sistemas de almacenaje				
	Sin estantería	Estantería compacta	Estantería convencional	Estanterías móviles	Silo autoportante
Inversión	Nula	Media	Baja	Alta	Máximo
Número de referencias (Acceso individual carga)	Mínimo	Bajo	Máximo	Máximo	Máximo
Aprovechamiento del volumen	Máximo	Máximo	Medio	Máximo	Alto
Orden de entrada / salida	LIFO	LIFO o a elegir	A elegir	A elegir	A elegir
Flexibilidad instalación	-	Media	Máximo	Medja	Nulo
Impacto mano de obra	Máximo	Alta	Bajo	Bajo	Nulo
Aplastamiento mercancía	Máximo	Alta	Nulo	Nulo	Nulo
Velocidad recuperación/ Inserción mercancía	Máximo	Mínimo	Media	Mínimo	Máximo

Fuente: PEREZ, 2003

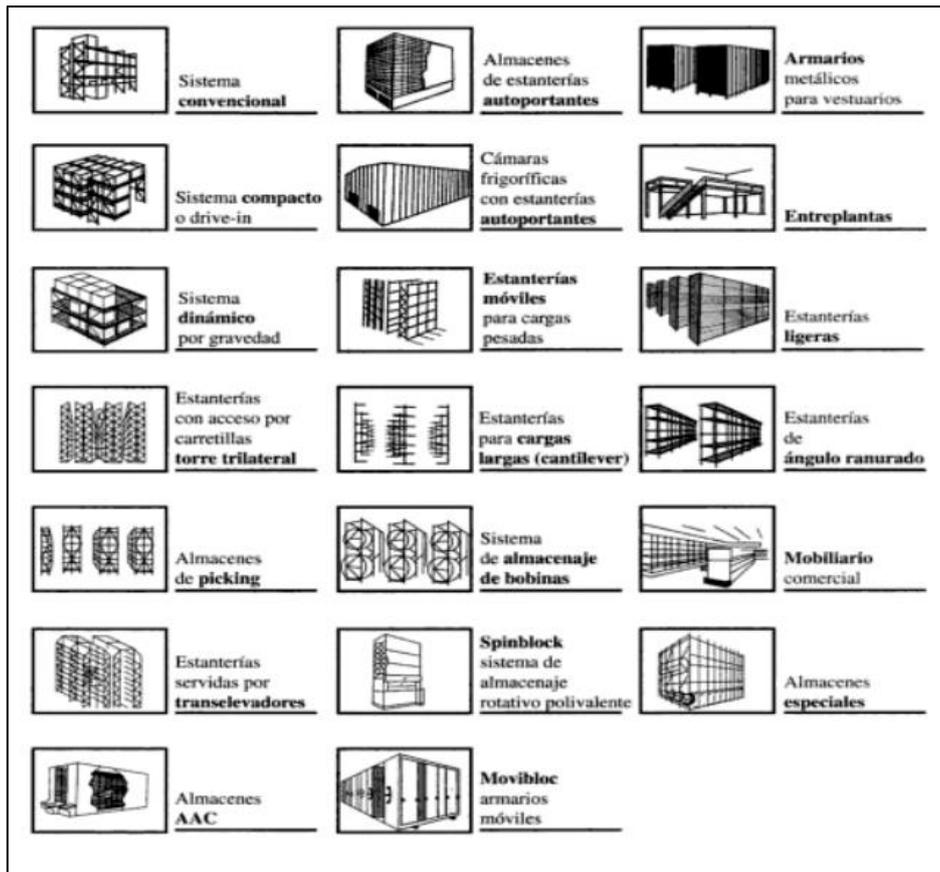


Ilustración 45: Tipos de estanterías
Fuente: Jordi, De Navascués & Gasca, 1998

Para los fines deseados en esta tesis se aplicará la llamada “estantería convencional”, la cual es la más utilizada en el mercado, empleada para almacenar mercancías paletizables o de dimensiones similares (1.2m x 0.8m), además de ser la que mayor flexibilidad otorga lo que hace que sea concordante con el modelo de “Estructuras de ensamblaje escalable” planteado en el punto 4.1.2.

Debido a que la estructura de la carrocería se compone de cinco partes principales: 2 marcos laterales, un marco inferior, un techo y un frente; serán requeridos cinco slots por vehículo a fabricar. Siendo 20 los planificados para la semana, se requerirán de 100 slots en total. Los estantes en la industria automotriz suelen ser de dos niveles y de 5 x 2 slots, también se debe dejar espacio entre los estantes para que puedan circular los operarios con los montacargas, además del perímetro de seguridad como en pasos anteriores. A continuación, se presenta el layout de cómo se distribuiría esta zona de almacén:

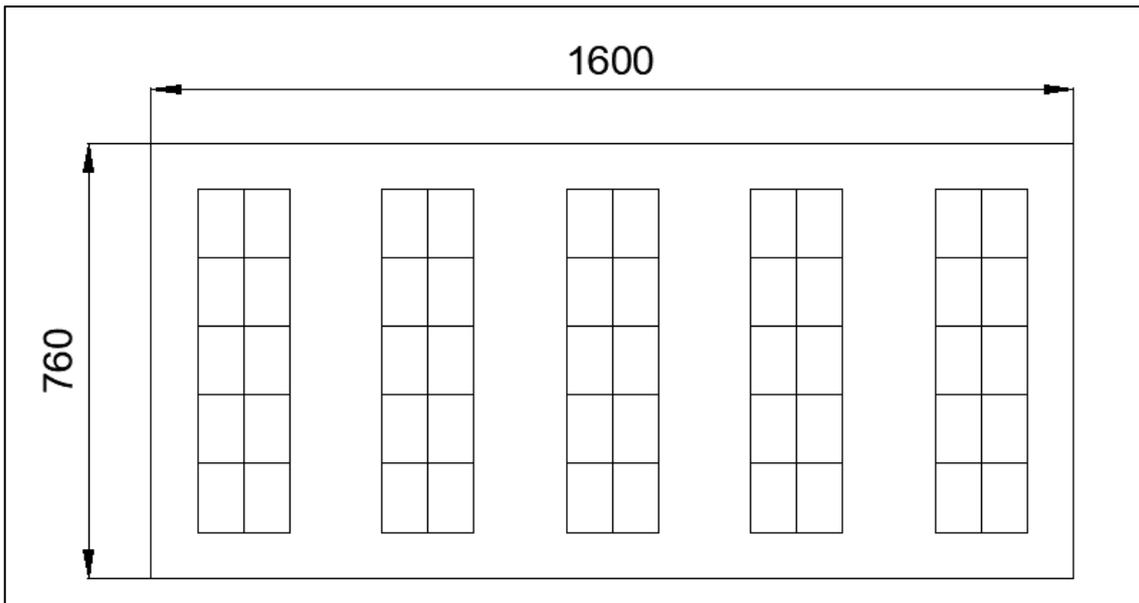


Ilustración 46: Layout almacén de partes de carrocería (en cm)

Por lo tanto:

$$\text{Área requerida} = 121.6m^2$$

- Almacén de vestidos

Ya hecha la explicación sobre los distintos tipos de estantes que se pueden utilizar en esta industria, para este almacén se tomarán las mismas características señaladas en el punto anterior. Debido a que también estos son los insumos principales en el armado del auto, el inventario asignado referencial será de solo 20 autos por semana. Para el ensamblaje de un auto se requieren de 4 puertas, 1 capot y una maletera, en total 6 piezas que multiplicadas por 20 requieren de 120 slots.

Ante esto convendrá tener cinco de los estantes descritos en el punto anterior.

Un punto para tomar en cuenta es que, al ser estas partes de colisión, su almacenamiento de forma horizontal no es conveniente, pues se pueden generar rayones o golpes en el proceso de almacenar o retirar partes del estante. Es por ello que una solución será el almacenarlos de forma vertical protegiendo los lados con cartones o almohadillas de forma que cada pieza se mantenga en su slot sin dañar las contiguas.

A continuación, se muestra la forma en la que tienen que almacenarse estas piezas, así como también el layout de esta zona:

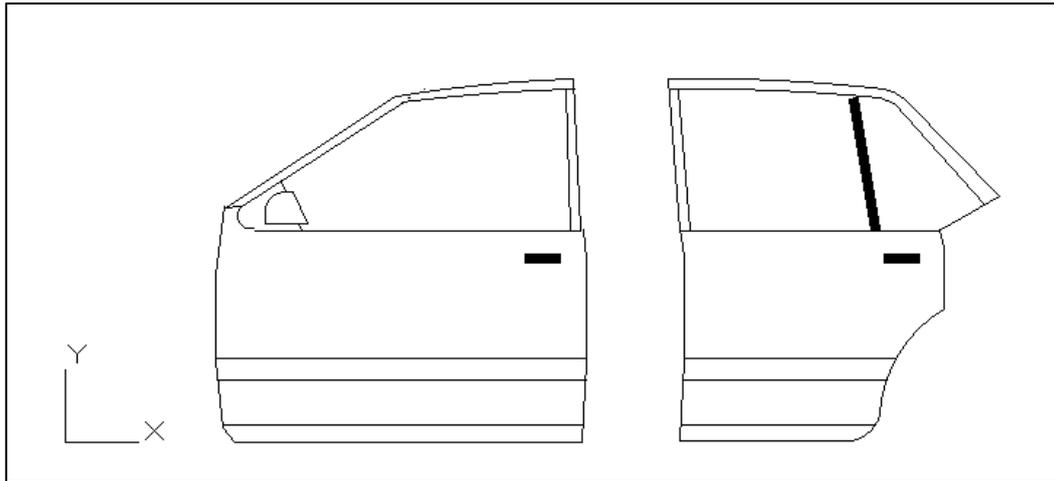


Ilustración 487: Orientación ideal para el almacenamiento de los vestidos

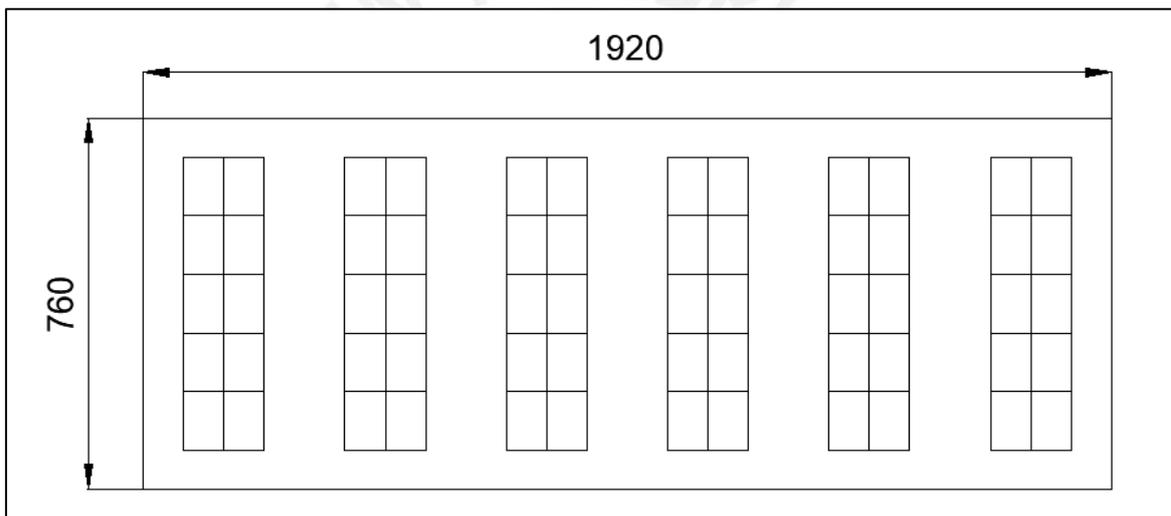


Ilustración 478: Layout de almacén de vestidos

Por lo tanto:

$$\text{Área requerida} = 145.92m^2$$

- Zona de tren motriz

Tal como se señaló en el punto 4.1.2. el tren motriz no es motivo de estudio en esta tesis, pues se considera que su fabricación fue realizada en algún lugar apartado de la fábrica, o en su defecto, encargado a un tercero.

Es entonces que este tren motriz o “drivetrain” ingresa al proceso como un componente más listo para ser ensamblado a la carrocería. Pero para esto es fundamental ubicar un espacio en la planta destinado a almacenar estos trenes motrices hasta que sean requeridos en la línea de ensamblaje.

Los drivetrain no pueden apilarse uno sobre otro, ni pueden ser ubicados en estantes como otras componentes que ya se han analizado. Estos deben ir en el suelo y separados unos de otros. El tren motriz básicamente es la médula espinal del auto, por ende, posee las mismas dimensiones (4.6m x 1.8m).

Tal como se señaló en los puntos anteriores, este espacio también destinará el total de su área a una cobertura de producción semanal de 40 autos.

Habiendo ya señalado esto se diseña el siguiente layout:

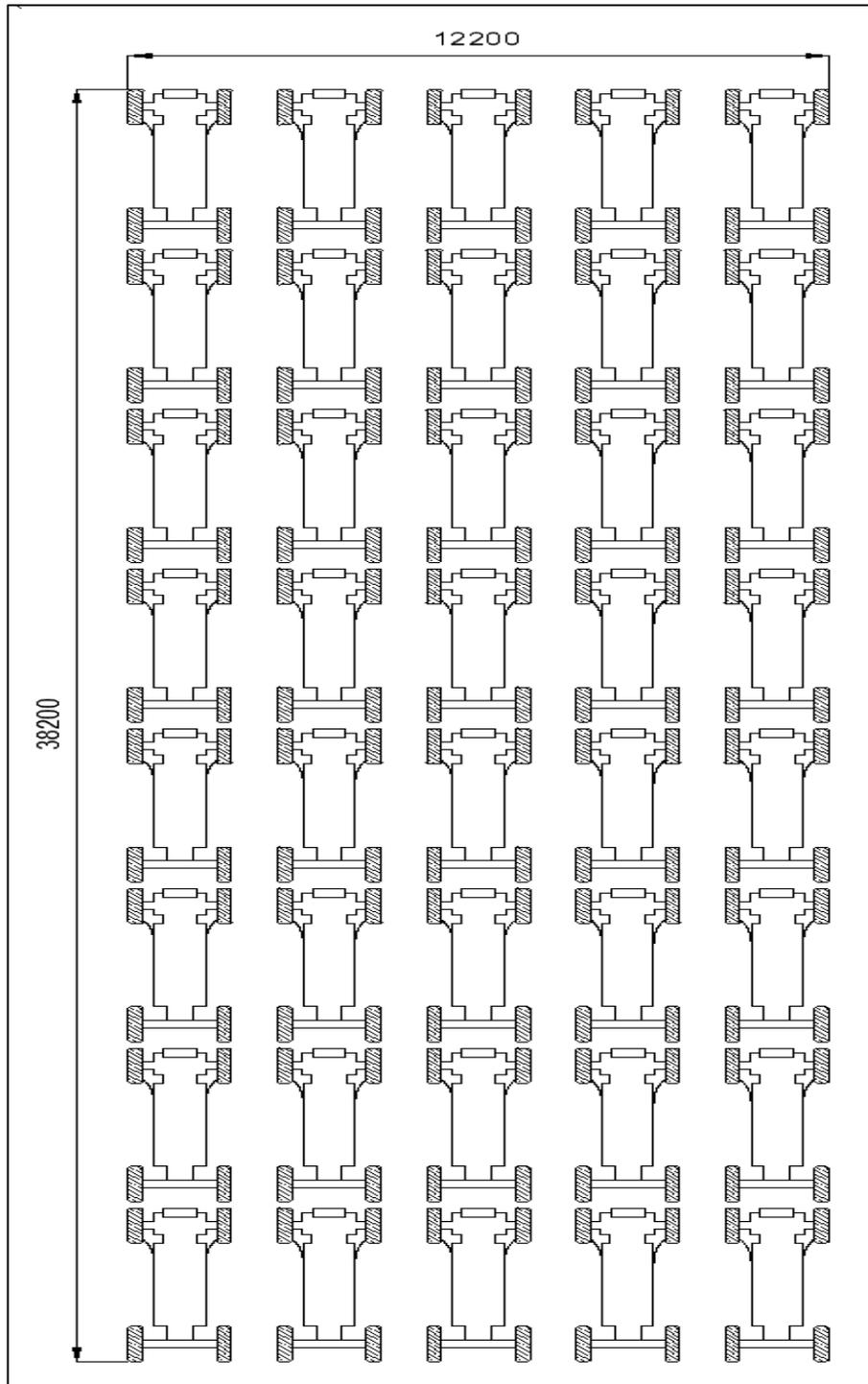


Ilustración 49: Layout de Zona tren motriz (en mm)

Con esta área será suficiente para poder almacenar 40 tren motrices e ir reponiéndolos cada semana según la política de inventarios que adopte la compañía
Por lo tanto:

$$\text{Área requerida} = 466.06m^2$$

- Almacén de ventanas y parabrisas

Para almacenar piezas de este tipo y, sobre todo por su gran fragilidad es que se utiliza unos estantes especiales con el fin de evitar accidentes y posibles pérdidas.

Cada pieza de vidrio que formará a ser parte del vehículo a ensamblar, deberá ser almacenada individualmente en slots de aproximadamente 0.2m x 1.8m. Con nuestro horizonte de 40 autos por semana y, manejando el mismo criterio para el almacén, es que se requerirán de 2 parabrisas y 4 ventanas por coche; es decir, 6 slots necesarios para cada automóvil.

En total se requerirán de 240 slots a la semana; teniendo cada estante la capacidad de 40 slots (en dos pisos), se necesitarán de 6 de estos estantes.

Al igual que en los puntos anteriores se dejará espacio suficiente entre las estanterías para poder permitir la libre circulación y, además; un perímetro de seguridad alrededor de esta zona.

Este layout se ejemplifica de la siguiente manera:

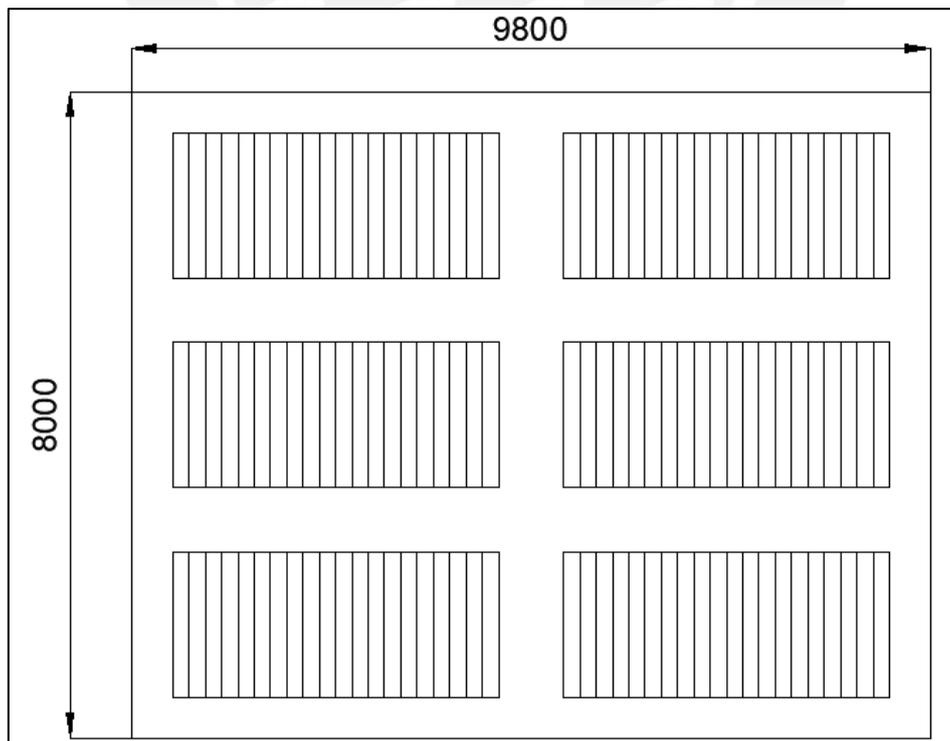


Ilustración 50: Layout de almacén de ventanas y parabrisas (en mm)



*Ilustración 51: Estantería metálica para lunas de coche y parabrisas
Fuente: Estanterías ESME*

Por lo tanto:

$$\text{Área requerida} = 78.4\text{m}^2$$

- Almacén de componentes eléctricos

Este almacén es el que se compone usualmente por piezas de menor tamaño y más manejables. Reservada principalmente para componentes que forman parte del sistema de dirección, cableado y electrónica.

Esta área puede llegar a ser muy flexible debido a la variedad de partes que la componen, pero para fines prácticos de la presente tesis se considerará que se deben usar cajones clasificadores que permitan una mejor visualización para que la facilidad del trabajo de los operarios.

Más que un estante, se asignará una dimensión de 4.5m x 1.2m, área en la cual deben caber todos los componentes eléctricos del auto.

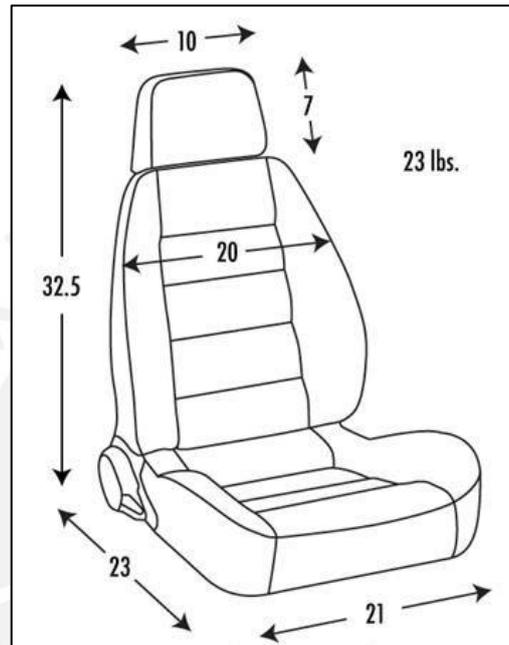
Por lo tanto:

$$\text{Área requerida} = 5.4\text{m}^2$$

- Almacén mueblería y tapizado

El automóvil a ensamblar es de tipo sedán con cinco plazas (asientos). Este almacén usualmente se encuentra cercano a la línea de producción en la parte donde se procede a tapizar, instalar la mueblería y el detalle de los acabados.

En este caso no se considerará un stock semanal, sino diario de estos asientos. Para una producción diaria de aproximadamente 8 autos se necesitarán entonces 40 de estos asientos. Las dimensiones de un asiento estándar para automóvil son las siguientes:



*Ilustración 52: Dimensiones (en pulgadas) de un asiento vehicular.
Fuente: www.stableenergies.com*

Estas dimensiones transformadas a centímetros arrojan un área de aproximadamente 0.31m².

Una forma de distribuir estos asientos, de tal modo que estén al alcance de los operarios en la línea de ensamble puede ser el apilado en dos filas contiguas, tal como se aprecia en la siguiente ilustración.



Ilustración 53: Almacén de mueblería en una planta ensambladora de autos
Fuente: Johnson Controls Automotive, 2016

Por lo tanto, teniendo ya el área de cada uno de los asientos y la cantidad de asientos requeridos para este almacén:

$$\text{Área requerida} = 12.4\text{m}^2$$

- Zona de inspección final

Es a partir de este punto que el vehículo ya puede ser encendido. Lo que el operario auditor verifica en este espacio es que todos los componentes, sobre todo los más importantes (motor, luces, llantas, sistema de carga y sistema de dirección) funcionen correctamente.

En esta zona la inspección es básicamente de las componentes funcionales del vehículo, obviando detalles de apariencia que ya fueron inspeccionados previamente a lo largo de su proceso de ensamblaje.

Ante esto, basta asignar plaza para un vehículo, junto con un perímetro de operación para que el auditor pueda circular alrededor fácilmente.

El layout se ejemplifica de la siguiente manera:

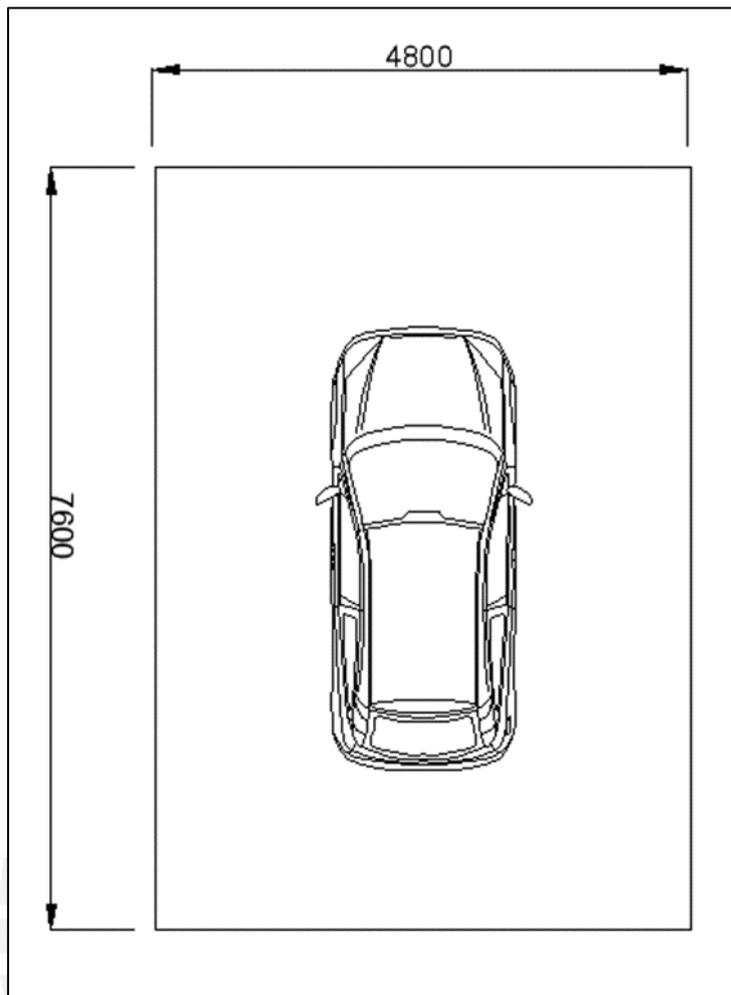


Ilustración 54: Layout de zona de inspección final (en mm)

Por lo tanto:

$$\text{Área requerida} = 36.48\text{m}^2$$

- Playa de autos terminados

Al igual que la zona de tren motriz, se asignará un stock de almacenamiento de 40 autos (producción estimada semanal). Se toman en consideración las dimensiones del auto (4.6m x 1.8m) y un espacio entre cada auto de 1m para permitir la libre circulación de las personas.

Habiendo ya señalado esto se diseña el siguiente layout:

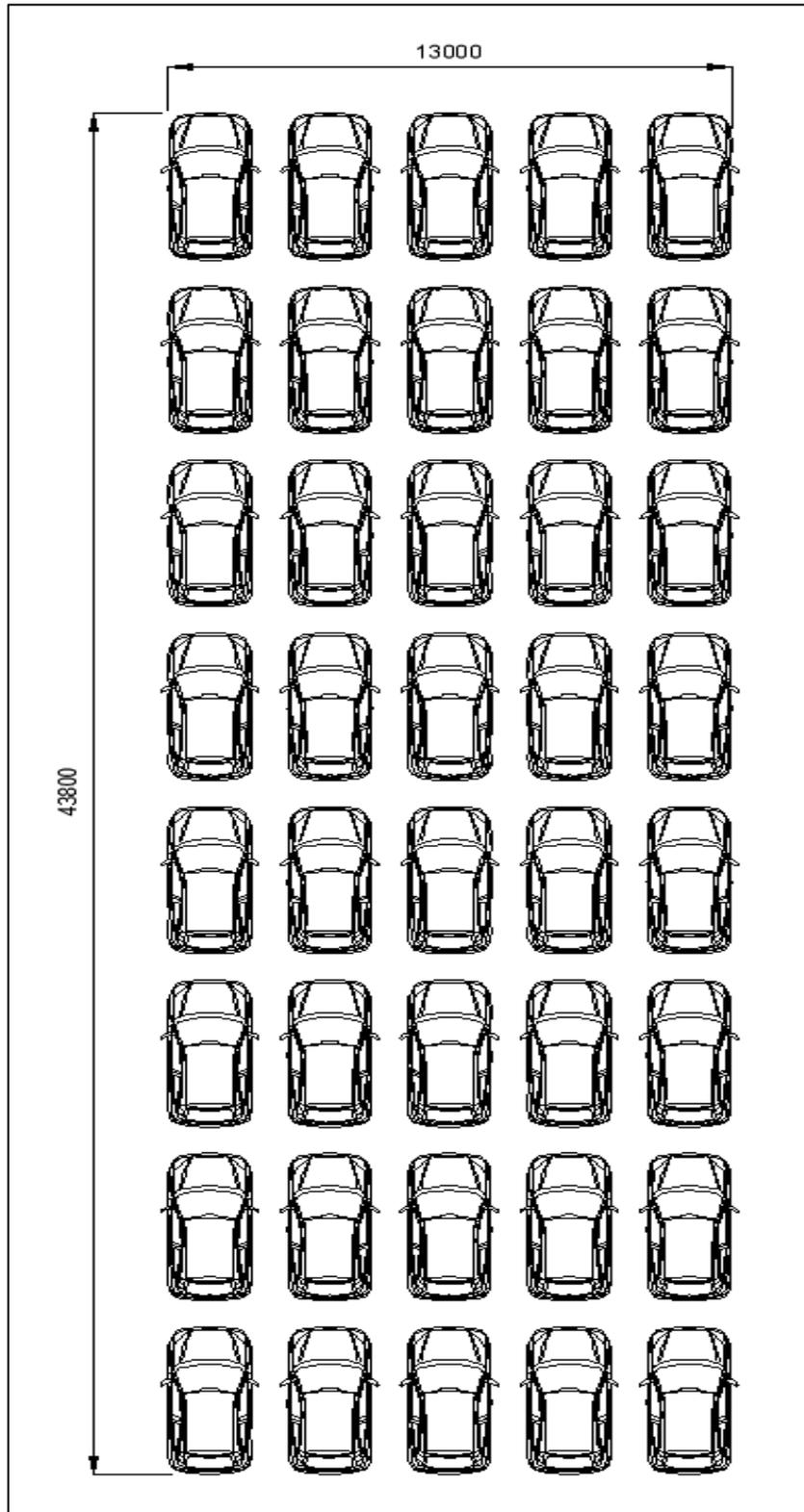


Ilustración 55: Layout de Playa de estacionamiento de vehículos terminados (en mm)

Por lo tanto:

$$\text{Área requerida} = 569.4m^2$$

4.2.3. Planificación del diseño bruto

Asignación espacial de instalaciones por bloque

Con el Diagrama Relacional de Actividades (DRA) ya terminado se procede a elaborar una Hoja de Trabajo, la cual actúa como etapa intermedia entre el DRA y el Diagrama adimensional de bloque o Layout de bloques unitarios (LBU). Esta hoja interpreta al DRA y obtiene los datos básicos para elaborar el LBU y se presenta a continuación.



Tabla 12: Hoja de Trabajo

Departamento	A	E	I	O	U	X
1 Área de desdoblado y aplanado.	2, 13	-	3, 4, 14	15	5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 17, 18, 19, 20	21
2 Área de corte.	1, 3	4	13, 14	15	5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 17, 18, 19, 20	21
3 Área de prensado.	2, 4	15	1, 14	5, 6, 13	7, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 17, 18, 19, 20	21
4 Área de unión de carrocería	3, 14, 15	2, 5	1, 6, 7, 13	8, 9	10, 11, 12, 16, 17, 18, 19, 20	21
5 Zona de lavado pre desengrase.	6	4, 7	8	3	1, 2, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20	21
6 Zona de inmersión desengrase.	5, 7	8	4	3, 9	1, 2, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20	21
7 Zona e-coat.	6, 8	5	4	9	1, 2, 3, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20	21
8 Cámara de pintado.	7, 9	6	5	4	1, 2, 3, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20	21
9 Línea de acoplamiento carrocería – tren motriz.	8, 16	-	-	4, 6, 7, 10, 11, 12, 17	1, 2, 3, 5, 13, 14, 15, 18, 19, 20	21
10 Línea instalación de cablearía y sistemas eléctricos.	18	11	12	9, 17, 19	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 13, 14, 15, 16, 20	21
11 Línea instalación de ventanas y parabrisas.	17	10, 12	-	9, 18, 19	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 13, 14, 15, 16, 20	21
12 Línea instalación de mueblería, tapizado y acabados.	19, 20	11	10	9	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 13, 14, 15, 16, 17, 18	21
13 Zona almacén de rollos de acero/aluminio.	1	-	2, 4	3, 14, 15, 16	5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 17, 18, 19, 20	21
14 Almacén de partes cuerpo de carrocería.	4, 15	-	1, 2, 3, 16	13	5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 17, 18, 19, 20	21
15 Almacén de vestidos.	14, 4	3	-	1, 2, 13	5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 17, 18, 19, 20	21
16 Zona de tren motriz.	9	-	14	13, 17, 18	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 15, 19, 20	21
17 Almacén ventanas y parabrisas.	11	-	18	9, 10, 16	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 19, 20	21
18 Almacén de componentes eléctricos.	10	-	17	11, 16	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 19, 20	21
19 Almacén mueblería y tapizado.	12	-	-	10, 11	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20	21
20 Zona de inspección final.	12	21	-	-	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19	-
21 Playa de autos terminados.	-	20	-	-	-	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19

Con esta información se facilita la labor de realizar el diagrama de bloques. Este se realiza de la siguiente manera:

Como primer paso se grafican cuadrados iguales para cada uno de los departamentos definidos. Debido a que esta es una distribución adimensional, las dimensiones de este no son relevantes, pero sí deben ser coherentes para que se facilite su ubicación.

Luego se enumera cada uno de los cuadrados con el número correspondiente a la actividad o departamento y en el extremo superior izquierdo se colocan todos los departamentos que tienen relación A con el mismo. En el lado superior derecho se ubican las relaciones tipo E; en el inferior izquierdo, las tipo I; y en el inferior derecho, las tipo O. Las relaciones tipo U se omiten, mientras que las relaciones tipo X se evitan o se considera su asignación al final.

Lo que se debe obtener para cada uno de los departamentos debe ser similar a lo siguiente:

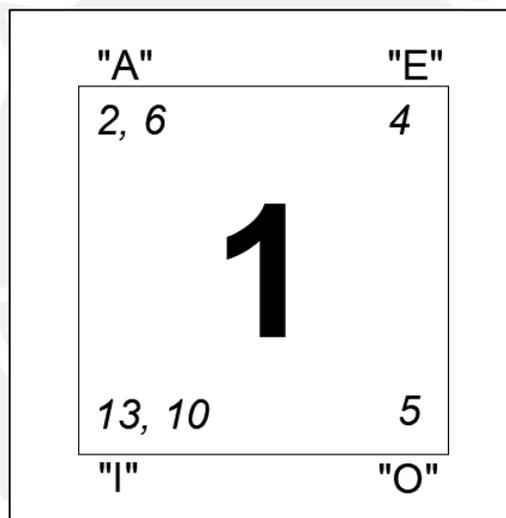


Ilustración 56: Cuadrado representante a un departamento

Una vez están listas las cuadrículas de todos los departamentos definidos en el DRA, se procede a juntarlos de tal manera que el arreglo satisfaga tantos códigos de relación como sea posible. Se empieza seleccionando el departamento que tenga mayor cantidad de relaciones A, y se construye a partir del mismo ubicando los bloques con quienes tiene relación A de manera adyacente a este y que comparta uno de sus lados, luego se procede con las relaciones E, y así sucesivamente. En términos generales:

“Todos los códigos A tienen un lado completo en contacto. Todos los E deben tener al menos una esquina en contacto. Ninguna que tenga código X debe estar en contacto.”
(MEYERS, 2006)

Finalmente, el diagrama de bloques para el tema de la presente tesis es el siguiente:

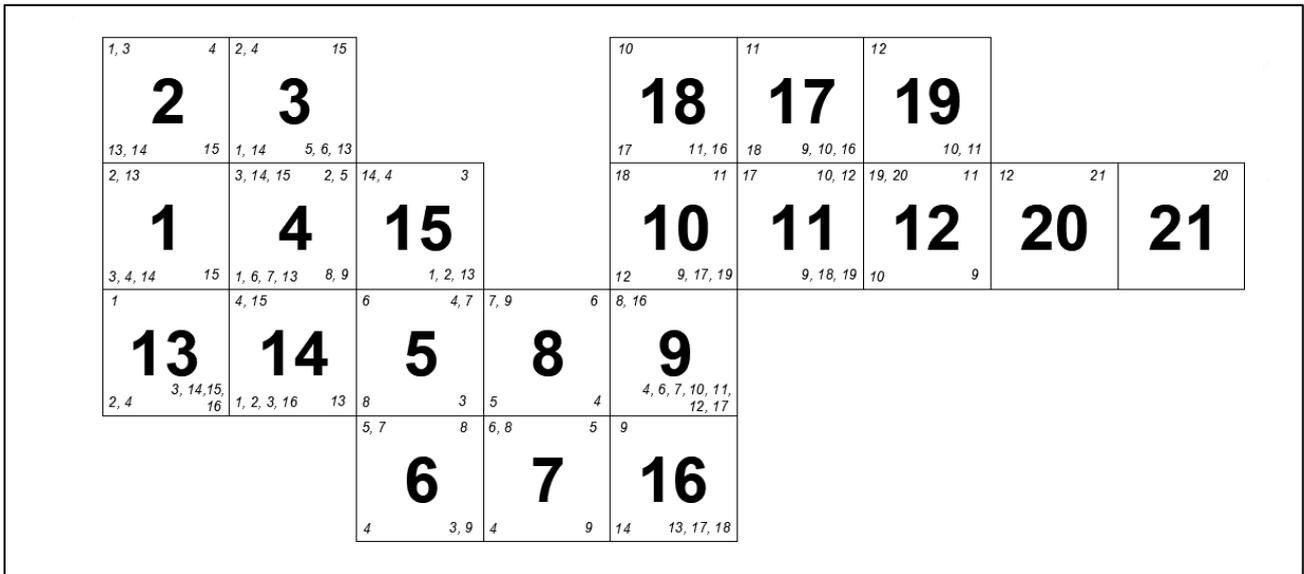


Ilustración 57: Layout de bloques unitarios

Cabe recalcar nuevamente que esta es una distribución adimensional, por ende, esto también significa que la forma de planta de ensamblaje no necesariamente va a ser igual a la desarrollada en la Ilustración 40, pues lo único importante con este Layout es determinar las relaciones y ubicarlas dimensionalmente en un plano, el cual servirá de guía para la ubicación de los departamentos posteriormente en la planificación detallada.

4.3. Planificación detallada

4.3.1. Planificación del diseño detallado

Asignación de espacios públicos

Este campo se enfoca básicamente en el diseño de las áreas de conexión llámense también “pasillos”.

Hay algunas guías que se deben considerar al momento de diseñar la distribución de pasillos:

- Los pasillos deben ser rectos.
- Los pasillos deben tener doble acceso lateral.
- Los pasillos deben tener una anchura apropiada.
- Las intersecciones deben ser en un ángulo de 90°.

En el caso de la presente tesis los pasillos no deben ser diseñados para poder tener la capacidad suficiente de albergar a dos personas trasladándose en sentido contrario, sino que hacer una proyección para futuro tránsito de montacargas (los cuales básicamente se encargarán del traslado de la carrocería en proceso del auto) será también necesaria.

Como regla práctica se definirán los pasillos como 0.9m más el ancho del elemento a transportar (en este caso los 1.8m del auto).

Por lo tanto, los pasillos deberán tener un mínimo de 3.6m de ancho.

Layout final (Distribución General de Conjunto)

Bajo esta premisa, con las áreas ya calculadas, las proximidades ya definidas y conociendo el proceso más a detalle, se plantea la siguiente distribución:

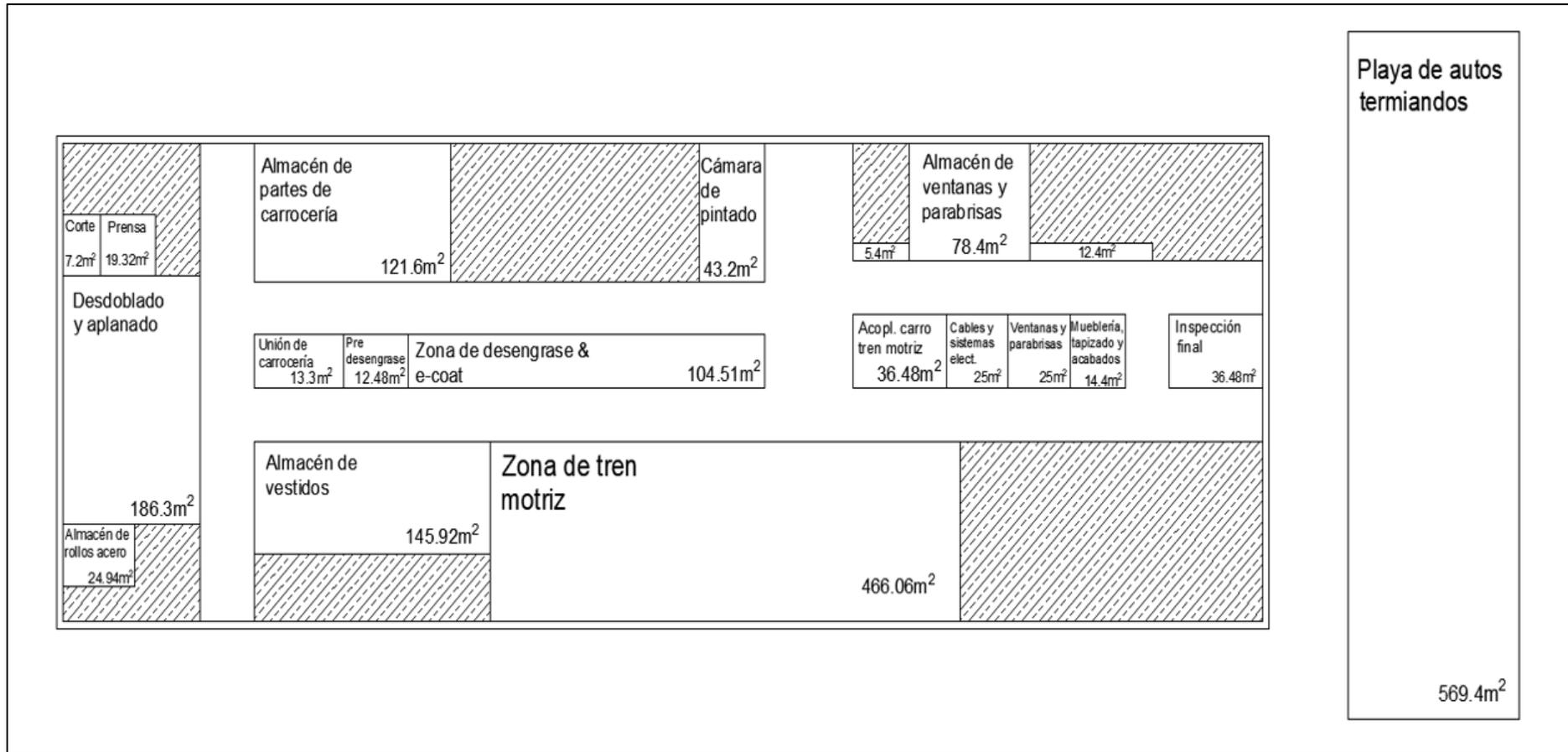


Ilustración 58: Layout final de la planta

CAPÍTULO V. ESTIMACIÓN ECONÓMICA

En este capítulo se realizará una estimación aproximada de la inversión inicial para poder montar una planta de este tipo. Se tomarán en consideración dos costos principales: maquinaria necesaria y, espacio de terreno en donde se implementaría la planta. Adicional a ello se calculará un estimado del impacto económico que una industria automotriz de autos eléctricos generaría en el Perú.

Tal cual se vio en el capítulo 4.2.2 en el que se calcularon las dimensiones de la estructura, se describió brevemente la principal maquinaria requerida en la planta. Se usará la misma cantidad para cotizar los costos implicados.

5.1. Costos de la principal maquinaria requerida

Desdoblado y Aplanado

De acuerdo con lo calculado en el capítulo 4 se requerirán de dos máquinas para este proceso: una para los vestidos y otra; para el cuerpo. La máquina seleccionada es una Desdobladora automática de la marca TEWEI (procedencia china). Esta máquina está valorizada cada una en **USD 125,000.00** incluido flete.

Cortado en láminas

Para este proceso se determinó el requerimiento de una máquina cortadora láser modelo STAUBLI ABB de la marca KAWASAKI. Esta máquina está valorizada en **USD 70,500.00** incluido flete.

Prensado

En este proceso se determinó el requerimiento de dos máquinas prensadoras: una para los vestidos y otra; para el cuerpo de carrocería. La máquina seleccionada es una modelo MC 3000 de la marca alemana SCHULER. Obtener el costo de esta máquina del mismo proveedor no fue posible para esta investigación, por lo que se va a colocar un estimado correspondiente a una maquinaria de similares características, pero de procedencia china. Esta está valorizada cada una en **USD 96,000.00** incluido flete.

Soldadura

Para este proceso se determinó el requerimiento de una máquina robot mecánico de soldadura de puntos modelo KUKA KR125 de la marca KUKA. Esta máquina está valorizada en **USD 8,300.00** incluido flete.

Cablería y Sistemas eléctricos

Según lo requerido en el Dimensionamiento de la estructura para este proceso serán necesarias dos máquinas robot modelo KUKA KR360 de la marca KUKA. Esta maquinaria está valorizada cada una en **USD 31,000.00** incluido flete.

Ventanas y Parabrisas

En este proceso se determinó el requerimiento de una máquina robot con las mismas funcionalidades que las requeridas para el cableado; modelo KUKA KR125 de la marca KUKA. Esta máquina está valorizada en **USD 8,300.00** incluido flete.

Mueblería, tapiz y acabados

Lo que se requiere para este proceso es un brazo mecánico para manipulación y; según lo determinado en el capítulo 4 la maquinaria seleccionada es un brazo robot de 6 ejes modelo IRB 6640 de la marca ABB. Esta maquinaria está valorizada en **USD 42,500.00** incluido flete.

5.2. Costo estimado del terreno para la planta

En el punto 4.3.1. Planificación del diseño detallado se obtuvo un layout final de lo que será la planta. El área total mínima requerida para la misma es de aproximadamente 1,947 m². Por la forma de las distintas áreas que conforman la planta se optará por cotizar terrenos rectangulares y, se adicionarán 1,000 m² adicionales al mínimo requerido para futuras posibles expansiones en la producción que requieran mayor cantidad de maquinaria o un reordenamiento de las áreas productivas.

En el Perú existen cuatro tipos de zonificación urbana industrial. Una planta de ensamblaje de autos encaja dentro de lo que se denomina Gran Industria y; según la normativa TH.030 del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento esta requiere un mínimo de 2,500 m², lo que encaja aproximadamente con los casi 3,000m² que previamente mencionamos serán requeridos.

Dentro de la misma ciudad de Lima es complicado encontrar terrenos industriales de clasificación I3 y que se ajusten al tamaño que previamente fue mencionado.

“Durante los últimos cinco años, los distritos limeños de Lurín y Chilca se han posicionado como dos zonas de alto interés para las funciones logísticas de almacenamiento y operaciones de algunas actividades industriales.” (GESTIÓN, 2018)

Con esta información como contexto se procedió a la búsqueda de terrenos en Chilca y Lurín, encontrando finalmente un terreno en el proyecto Macropolis (ciudad industrial del grupo Centenario) ubicado en Lurín, de 3,000m² por el precio final de **USD 480,000.00**.

Finalmente se procede a consolidar todos los costos que conllevará la implementación de esta planta (en maquinaria y espacio) en la siguiente tabla:

Tabla 13: Costos estimados de implementación (en dólares norteamericanos)

Costo de maquinaria	Precio unitario	Cantidad requerida	Costo total
Desdobladora automática TEWEI	\$ 125,000	2	\$ 250,000
Cortadora lásera KAWASAKI	\$ 70,500	1	\$ 70,500
Prensa MC 3000	\$ 96,000	1	\$ 96,000
Robot KUKA KR125	\$ 8,300	2	\$ 16,600
Robot KUKA KR360	\$ 31,000	2	\$ 62,000
Robot IRB6640	\$ 42,500	1	\$ 42,500
		Sub Total	\$ 537,600
Costo de terreno			\$ 480,000
		TOTAL	\$ 1,017,600

5.3. Impacto económico en el país

Una industria como la de autos eléctricos es claramente un reto para cualquier inversionista, y más aún en un país no tan industrializado como lo es el Perú. Pero esto a la vez hace que sea una gran oportunidad de crear un mercado local pionero en la región, en una tendencia de negocio que cada vez se vuelve más popular en el mundo.

En Latinoamérica existen algunas empresas que han sacado al mercado prototipos o modelos iniciales de autos eléctricos en su mercado local. Una de estas empresas, tal como se menciona en el capítulo 4 es Zacua. Pero tomar a estas empresas como referentes del posible impacto que podrían generar económicamente en sus países no es viable. Son compañías pequeñas que no han podido competir aún al nivel de las grandes marcas automovilísticas.

Lo que esta parte de la investigación quiere exponer es el impacto potencial en materia económica que este tipo de industrias puede tener en un país; para esto se tomará como referente uno de los casos más exitosos en el mundo: Tesla Inc.

Tesla es una compañía estadounidense de autos eléctricos con sede en Palo Alto, California fundada en el año 2003 por Elon Musk con el objetivo de acelerar la transición de la movilidad de las personas hacia la energía sostenible. Su éxito se puede asociar a dos principales factores: El *Advanced Technology Vehicules Manufacturing Loan Program (ATVM)*, un programa del Departamento de Energía de los Estados Unidos destinado a otorgar préstamos a empresas que promovieran el desarrollo de tecnologías

avanzadas para vehículos y depender cada vez menos del petróleo; y a su Plan Maestro, el cual consistía en tres puntos (y esto en palabras del mismo Elon Musk): *“Fabricar un coche deportivo. Usar ese dinero para fabricar un coche asequible. Usar ese dinero para fabricar otro coche más asequible. Y mientras estés haciendo todo lo anterior suministra generación de electricidad con emisiones cero”* (MUSK, 2006)

Teniendo esto como contexto y tomando en consideración que, para la fecha de elaboración de esta investigación, Tesla ya es una compañía que ha logrado desarrollarse y situarse en competición directa contra las principales marcas automovilísticas en el mundo; se puede analizar el impacto que esta ha tenido sobre la economía en su localidad.

Según un reporte de 2018 elaborado por la consultora de mercado IHS Market titulado “The Economic Contribution of Tesla in California” son tres los principales pilares en los que el impacto económico puede ser medido. Estos son los siguientes:

Empleo y Salarios

- Tesla empleó directamente a más de 20,000 trabajadores, mientras que alrededor de otros 30,000 empleos fueron generados por empresas proveedoras en la cadena de producción.
- Tesla pagó en el año fiscal 2017 una suma total de 2.1 billones de dólares norteamericanos.

Actividad de Ventas y Valor agregado

- Tesla influyó en aproximadamente 4.1 billones de dólares norteamericanos de la economía de California.
- Cada dólar que Tesla gastó con sus proveedores para su línea de producción significó 0.8 dólares en gastos adicionales en toda la economía de California.
- Cada dólar que Tesla pagó a sus empleados generó 0.9 dólares de gasto en consumo en todo el estado de California.

Ingresos del Gobierno

- Los pagos directos de Tesla por concepto de impuestos a las autoridades fiscales en California ascendieron a 328 millones de dólares.
- La cadena de suministro extendida de Tesla generó para el estado de California cerca de 345 millones de dólares en impuestos estatales, adicionalmente también 452 millones de dólares en impuestos federales.

Finalmente se puede apreciar el impacto que una sola empresa desarrollada fabricante de autos eléctricos puede generar en un país, representando beneficios tanto laborales, industriales y contributivos al fisco; todo esto en paralelo al potencial desarrollo en i+D+i que originaría en el Perú.



CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Del primer capítulo se concluye que la combinación de factores expuestos es favorable para el desarrollo e implementación de una planta de ensamblajes de autos eléctricos en el Perú.
- De la matriz FODA desarrollada se puede concluir que, si bien hay varias fortalezas para implementar esta industria, existen ciertas amenazas (principalmente por el lado de dependencia tecnológica) que se debe evaluar para minimizar riesgos.
- En el segundo capítulo, se concluye que luego de haber analizado las metodologías existentes para proceder con el diseño de una planta de ensamblaje, lo ideal es planificar el diseño de manera que permita futuras modificaciones según la demanda vaya aumentando.
- Asimismo, se confirma la necesidad de aplicar teoría de diseño de plantas para distribuir las secciones de la fábrica de manera óptima.
- Tomando como modelo empresas latinoamericanas en la región fabricantes de autos eléctricos, es acertado tomar la cifra de producción anual de 2,000 vehículos para el diseño inicial de la planta.
- Con el layout final obtenido se deja en evidencia el espacio disponible para futuras ampliaciones de ser requerido.
- Se concluye además que la inversión inicial (en maquinaria principal y terreno para desarrollo de la planta) asciende a un estimado de 1,017,000 dólares norteamericanos.
- Finalmente habiendo analizado el impacto económico que una empresa del rubro planteado en esta investigación, ya desarrollada como es Tesla, representa solamente en el estado de California; se puede concluir que implementar una industria de este tipo en el Perú a largo plazo generaría un beneficio positivo al desarrollo económico e industrial en el país. Si bien la economía estadounidense es mucho más grande que la peruana; generar ingresos fiscales superiores a los 300 millones de dólares anuales puede ser alcanzable si consideramos un mercado regional.
- Por lo expuesto en el Perfil estratégico de esta investigación y, conociendo los pilares que marcaron el éxito de una empresa como Tesla en los Estados Unidos; podemos concluir que solo voluntad empresarial y apetito de mercado no determina que una industria como la de fabricar autos eléctricos sea sustentable.

6.2. Recomendaciones

- Una recomendación de cara a la capacidad productiva de la planta a implementar podría ser evaluar no solamente demanda local, sino también regional para con esto determinar si la cifra inicial de 2,000 vehículos fabricados al año es suficiente.
- El foco de la presente investigación fue determinar la metodología a implementar y proponer un diseño óptimo para una planta de ensamblaje de autos eléctricos. Para poder determinar una viabilidad más certera en materia económica se recomienda hacer estudios de prefactibilidad y factibilidad complementarios.
- Para disminuir costos una posibilidad es no comprar directamente la maquinaria requerida desde sus países de origen, sino comprar en el Perú la misma maquinaria, pero de segundo uso. Esto obviamente siempre que las máquinas se encuentren en buen estado y listas para la función que se requiere en la planta.
- Se plantea como una posibilidad también el hecho de no adquirir el terreno para la construcción de la planta en la modalidad compraventa; sino optar por una modalidad de leasing siempre que esto represente un ahorro en la inversión inicial.
- Finalmente, y en concordancia con la última conclusión mencionada en el punto 6.1; es recomendable que para el desarrollo de una industria de este tipo haya participación del Estado peruano. Sea esta con préstamos, menores impuestos o leyes que favorezcan el surgimiento de empresas que aporten al desarrollo sostenible.

CAPÍTULO VII. BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, Antonio

2017 *Diseño de infraestructura de nueva planta para la línea de producción de los modelos Buller y Linner 12 en Dina Camiones*. Tesis para obtener el grado de Magister en Manufactura Avanzada. Ciudad Sahagún: Ciateq.

ARELLANO MARKETING

2016 *Estudio Multiclientes, MIDEM Autos*. Consulta: 13 de septiembre de 2018.

ASOCIACIÓN DE AUTOMÓVILES DEL PERÚ (AAP)

2018 *Estadística de Inmatriculación de Vehículos Livianos. (Automóvil, Camionetas, SUV, SW, Pick up)* [informe]. Lima. Consulta: 25 de septiembre de 2018.

ASOCIACIÓN PERUANA DE EMPRESAS DE INVESTIGACIÓN DE MERCADOS (APEIM)

2017 *Distribución de Niveles Socioeconómicos 2017*. [reporte]. Lima. Consulta: 12 de septiembre de 2018.

<http://dashboard.apeim.com.pe/Webdash1.aspx>

BLANCO, J.

2014 "Layout". *Lean Manufacturing in the Developing World*. Suiza: Springer International Publishing, pp. 461-481.

BMW

2019 Consulta del 18 de octubre de 2018.

<https://www.bmw.com/en/bmw-models/bmw-i3.html>

BP

2015 *BP Energy Outlook 2035* [informe]. Londres. Consulta: 12 de septiembre de 2018.

<https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2015.pdf>

CENTRO NACIONAL DE PLANEAMIENTO ESTRATÉGICO (CEPLAN)

2017 *Perú 2030: Tendencias globales y regionales*. [informe] Lima. Consulta del 23 de octubre de 2018.

<https://www.ceplan.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/TENDENCIAS-GLOBALES-QUE-AFECTAN-A-LA-IMAGEN-DE-FUTURO-DEL-PER%C3%9A-AL-2030-sello-de-agua-29-05-2017.pdf>

COMPAÑÍA PERUANA DE ESTUDIOS DE MERCADOS Y OPINIÓN PÚBLICA (CPI)

2016 *Transporte utilizado por trabajadores y estudiantes en Lima Metropolitana*. [reporte]. Lima. Consulta del 23 de octubre de 2018.

https://www.cpi.pe/images/upload/paginaweb/archivo/26/transporte_taxi_201611.pdf

DELOITTE

2009 *“A New Era: Accelerating towards 2020 – An Automotive Industry Transformed”*. Deloitte Touche Tohmatsu [reporte]. Australia. Consulta: 13 de septiembre de 2018.

DELPHI

2017 *Worldwide Emission Standards. Passenger cars and Light Duty* [informe]. Troy. Consulta: 12 de septiembre de 2018.

<https://www.delphi.com/sites/default/files/inline-files/delphi-worldwide-emissions-standards-passenger-cars-light-duty-2016-7.pdf>

FEDESARROLLO

2014 *“Importancia económica del sector automotor en Colombia”*. [reporte]. Bogotá. Consulta del 21 de octubre de 2018.

<http://www.andemos.org/wp-content/uploads/2016/07/Fedesarrollo-Informe-Sector-en-Colombia.pdf>

FONDO MONETARIO INTERNACIONAL (FMI)

2017 *Estimados de crecimiento real del PBI peruano*. Consulta: 10 de septiembre de 2018.

https://www.imf.org/external/datamapper/NGDP_RPCH@WEO/PER?year=2018

FORBES MÉXICO

2018 *“El primer vehículo eléctrico mexicano comenzará a producirse en Puebla”*. Consulta del 20 de octubre de 2018.

<http://test.forbes.com.mx/el-primer-vehiculo-electrico-mexicano-comenzara-a-producirse-en-puebla/>

GESTIÓN

2018 “Taxis por aplicativo: el 21% de limeños lo utiliza a diario”. *Diario Gestión*. Lima, 9 de abril. Consulta 25 de octubre de 2018.

<https://gestion.pe/tendencias/taxis-aplicativo-21-limenes-utiliza-diario-231048>

GESTIÓN

2018 “Las zonas industriales mejor cotizadas de Lima”. *Diario Gestión*. Lima, 20 de junio de 2018. Consulta 15 de agosto de 2019

<https://gestion.pe/suplemento/comercial/industria-lotes-terrenos/lurin-y-chilcazonas-industriales-mejor-cotizadas-lima-1003455>

GM COLMOTORES

2017 *Evolución Tecnológica Euro* [infografía]. Consulta del 23 de octubre de 2018.

<https://automovilescolombia.com/noticias/colombia-ya-ruedan-vehiculos-comerciales-motores-euro-v-2023>

IHS MARKIT

2018 *The economic contribution of Tesla in California*. [reporte]. Los Angeles. Consulta del 15 de junio de 2020.

<https://cdn.ihs.com/www/pdf/TeslaEconomicFootprintReport-51518.pdf>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (INEI)

2017 *Censos Nacionales 2017: XII de Población y VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Perú: Perfil sociodemográfico Informe Nacional. Consulta: 13 de septiembre de 2018.

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1_539/libro.pdf

INSTITUTO PERUANO DE ECONOMÍA (IPE)

2018 “Crecimiento de la economía limeña por trimestres” *Diario El Comercio*. Lima. Consulta: 13 de septiembre de 2018.

<https://elcomercio.pe/economia/peru/ipe-economia-lima-acumula-6-anos-desaceleracion-noticia-505465>

KAMPKER, Achim

2011 “Future Assembly Structures for Electric Vehicles”. *ATZ Production Worldwide*. Aachen. Consulta: 25 de septiembre de 2018.

<https://doi.org/10.1365/s35595-011-0027-2>

MCKERRACHER, Colin

2018 "BP's Energy Outlook and the Rising Consensus on EV Adoption". *Bloomberg New Energy Finance*. Londres. Consulta: 13 de septiembre de 2018.

<https://about.bnef.com/blog/bps-energy-outlook-and-the-rising-consensus-on-ev-adoption/>

MEYERS, Fred

2006 *Diseño de Instalaciones de Manufactura y Manejo de Materiales*. Tercera edición. Ciudad de México: Pearson Education.

MICHEL, Pierre

1968 *Distribución en Planta*. Madrid: Deusto

MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PRODUCTIVA (MinCyT)

2012 *El futuro del sector automotriz en el mundo (2025)* [informe]. Buenos Aires. Consulta: 10 de septiembre de 2018.

<http://www.mincyt.gob.ar/adjuntos/archivos/000/034/0000034306.pdf>

MINISTERIO DE ENERGÍA DE CHILE

2017 *Estrategia de electromovilidad en Chile*. [informe]. Santiago de Chile. Consulta del 22 de octubre de 2018.

http://www.minenergia.cl/archivos_bajar/ucom/consulta/Estrategia_Electromovilidad_en%20Chile.pdf

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO

2006 *Norma TH.030*. Habilitaciones para uso industrial. Lima, 08 de junio. Consulta: 18 de noviembre de 2019.

<http://ww3.vivienda.gob.pe/DGPRVU/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20II%20Habilitaciones%20Urbanas/10%20TH.030%20HABILITACIONES%20INDUSTRIALES.pdf>

MUSK, Elon

2006 Comentario del 02 de agosto. *The Secret Tesla Motors Master Plan (just between you and me)*. Consulta: 12 de mayo de 2020.

NAVASCAL Y GASCA, Ricardo; PAU, Jordi

1998 *Manual de Logística Integral*. Málaga: Editorial Diaz de Santos

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU)

2015 *World Population Prospects: The 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables*. [reporte]. Nueva York. Consulta del 23 de octubre de 2018.

https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key_findings_wpp_2015.pdf

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS)

2004 *The global burden of disease: 2004 update*. [reporte]. Ginebra. Consulta del 23 de octubre de 2018.

https://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/GBD_report_2004update_full.pdf

PEREZ, E.

2003 “Papel de la Logística en las empresas actuales”. *Transporte y Logística*. Consulta del 12 de octubre de 2018.

POSADA, Carlos

2018 “Aumento continuo del Parque automotor, un problema que urge solucionar”. *LA CÁMARA*. Lima, 2018, número 816, pp. 24-26. Consulta del 28 de octubre de 2018.

<https://www.camaralima.org.pe/RepositorioAPS/0/0/par/EDICION816/edicion816.pdf>

SALAS, Guillermo

2017 “E-coating: Pintura electroforética”. *Ferrepo Soldadura y Recubrimientos*. Ciudad de Mexico. Consulta: 20 de septiembre de 2018.

https://issuu.com/revistaferrepo/docs/fp18_online

SHANGHAI METAL CORPORATION

Shanghai Metal Corporation. Consulta: 15 de septiembre de 2018.

<https://es.shanghaimetal.com/>

WIENDAHL, Hans-Peter

2015 *Handbook Factory Planning and Design*. Münster: Springer

WIENDAHL, Hans Peter

2014 *Facility Planning*. Baja Sajonia, Alemania: Springer. pp. 493-499

YOUTUBE

2017 Video "CAR FACTORY: Volkswagen Golf Production Line 2017"

<https://www.youtube.com/watch?v=GIZ8BimtqOA>

YOUTUBE

2019 Video "2020 BMW X7 – PRODUCCIÓN"

<https://www.youtube.com/watch?v=BXynu9Qvyyq0>

YOUTUBE

2016 Video "BMW i3 Production - Leipzig"

<https://www.youtube.com/watch?v=HGj-KmYGuZE>

YOUTUBE

2017 Video "Mercedes C-Class Production"

<https://www.youtube.com/watch?v=tApHvLSKljs>

YOUTUBE

2013 Video "How the Tesla Model S is Made | Tesla Motors"

https://www.youtube.com/watch?v=8_lfxPI5ObM