



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE LA PRODUCCIÓN Y OPERACIONES

TEMA:

“Propuesta de reestructuración del proceso productivo mediante uso de herramientas de
Lean Manufacturing”
Caso de estudio: “Angara”

*Diseño del trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera en
Producción y Operaciones*

AUTOR:

Paula Yadira Ochoa Cabrera

DIRECTOR:

Ing. Pedro Crespo Vintimilla. Mgst.

Cuenca, Ecuador

2019

DEDICATORIA:

Dedico este trabajo a mis padres y hermanos quienes supieron apoyarme a lo largo de mi vida con sus sabios consejos, y me han ayudado a nunca darme por vencida, a mantenerme firme y con claridad hacia mis objetivos y así llegar a cumplir cada una de mis metas propuestas.

A mis abuelitos y tíos por ser un respaldo durante este proceso de crecimiento tanto personal como profesional.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer al Dios creador por permitirme vivir cada momento especial en mi vida y poder llegar a cumplir mis sueños.

De manera especial al Ing. Pedro Crespo, director del trabajo de titulación, y miembros del tribunal por el tiempo y conocimientos brindados para desarrollar de mejor manera este trabajo.

Al taller artesanal Angara por abrirme sus puertas y proporcionar información necesaria para poder plasmar los conocimientos adquiridos en el transcurso de la vida universitaria en el presente trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE MAPAS CONCEPTUALES.....	vi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUCCIÓN	ix
CAPÍTULO I: ANTECEDENTES.....	vii
1.1. Historia del taller Angara.....	1
1.2. Perfil de la empresa:	2
1.2.1. Datos generales de la empresa.....	2
1.2.2. Visión.....	3
1.2.3. Misión.....	3
1.2.4. Organigrama de la empresa.....	4
1.3. Cadena de valor:.....	5
1.4. Productos.....	6
1.5. Layout.....	9
CAPÍTULO II: ANALISIS SITUACIONAL	13
2.1 Producto estrella.....	13

2.2.	Diagrama de flujo de procesos	16
2.3.	Procedimiento	19
2.4.	Flujograma analítico del proceso	22
2.5.	Conclusiones:	25

**CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO DE HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING.
28**

3.1.	Origen de lean manufacturing	28
3.2.	Definición de Lean Manufacturing.....	30
3.3.	Principios de lean manufacturing.....	33
3.4.	Tipos de desperdicios	35
3.4.1	Sobreproducción.....	36
3.4.2	Sobre inventario.....	37
3.4.3	Productos defectuosos.....	37
3.4.4.	Transporte de materiales y herramientas.....	38
3.4.5.	Procesos innecesarios:.....	39
3.4.6.	Espera:.....	39
3.4.7.	Movimientos innecesarios del trabajador:.....	39
3.4.8.	Otros tipos de desperdicios:.....	40
3.5.	Herramientas de Lean Manufacturing	41
3.5.1.	4´s.....	42
3.5.2.	Kanban.....	46
3.5.3	Celdas de manufactura	46
3.5.4.	VSM.....	47
3.6.	Conclusiones:	55

**CAPITULO IV: PROPUESTA DE REESRUCTURACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO
MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING57**

4.1.	VSM inicial del producto estrella.	57
4.2.	Propuesta de layout.	63

4.3. Propuesta de las herramientas de Lean Manufacturing de acuerdo a las necesidades del taller artesanal obtenido en el análisis situacional de la empresa.	65
4.3.1. 4´s para la nueva nave industrial de Angara.....	65
4.3.2. Celdas de manufactura	71
4.3.3. Kanban.....	71
4.4. Propuesta de VSM futuro para la empresa Angara	76
4.5. Simulación mediante el uso del software ProModel de la propuesta del nuevo flujo de producción:	78
4.6 Conclusiones	80
Recomendaciones:.....	81
Conclusiones generales:	82
Bibliografía.....	84

Índice de Tablas

Tabla 1 Procedimiento de elaboración de vajilla utilitaria “Angara”	20
Tabla 2 Flujograma analítico del proceso de elaboración del producto estrella de la empresa "Angara"..	23
Tabla 3 Matriz de selección de herramientas Lean Manufacturing en talleres industriales.....	26
Tabla 4 Resumen de la técnica de 4´s	45
Tabla 5 Símbolos de proceso de VSM.....	48
Tabla 6 Símbolos de materiales de VSM.....	49
Tabla 7 Símbolos de información VSM.....	51
Tabla 8 Símbolos generales de VSM	53
Tabla 9 Desperdicios que aplican al taller Angara de acuerdo al análisis situacional	56
Tabla 10 Tiempos muertos en un día normal de trabajo.....	59
Tabla 11 Codificación de los procesos de Angara	60
Tabla 12 Cuadro de identificación por colores de seguridad	67
Tabla 13 Cuadro de identificación por colores para señalización de piso.....	69
Tabla 14 Histórico de ventas de un año del producto estrella.....	71
Tabla 15 Kanban de retiro de material.....	74
Tabla 16 Demanda semanal y número de tarjetas semanal del kanban.....	75

Índice de mapas conceptuales

Mapa conceptual 1 Definición de sobreproducción.....	36
Mapa conceptual 2 Características que generan los defectos.....	38

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Organigrama de la empresa Angara.....	4
Ilustración 2 Cadena de valor de Porter aplicado a la empresa Angara.....	6
Ilustración 3 Layout actual del taller Angara.....	11
Ilustración 4 Porcentaje de ventas de productos del taller Angara de los últimos dos años.....	14
Ilustración 5 Matriz BCG del taller “Angara”.....	15
Ilustración 6 Diagrama de flujo de la elaboración de vajilla utilitaria de la empresa Angara.....	17
Ilustración 7 Desperdicios en los procesos dentro de una fábrica.....	31
Ilustración 8 Integración de participación, herramientas, cultura.....	32
Ilustración 9 Principios de lean manufacturing.....	34
Ilustración 10: Principios básicos de las 4’s en cuatro fases.....	43
Ilustración 11 VSM actual de Angara.....	62
Ilustración 12 Propuesta de Layout.....	64
Ilustración 13 Propuesta de layout con letreros y delimitación del piso con colores de seguridad.....	70
Ilustración 14 Relación: demanda semanal con número de tarjetas kanban semanal.....	76
Ilustración 15 VSM futuro de Angara.....	77
Ilustración 16 Pantalla principal de la simulación.....	78
Ilustración 17 Entidades utilizadas en la simulación.....	79
Ilustración 18 Locaciones utilizadas en la simulación.....	79

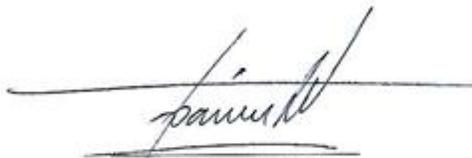
**“PROPUESTA DE REESTRUCTURACIÓN DEL PROCESO
PRODUCTIVO MEDIANTE USO DE HERRAMIENTAS DE LEAN
MANUFACTURING”
CASO DE ESTUDIO: “ANGARA”**

RESUMEN:

Este trabajo de titulación presenta una propuesta de reestructuración de un proceso productivo mediante uso de herramientas de Lean Manufacturing, caso de estudio Angara. Se realizó un análisis situacional de la empresa para definir las herramientas Lean que más se relacionen con los objetivos de la misma y que sean factibles de implementar.

La propuesta se enfocó en una distribución de planta, eliminación de movimientos innecesarios mediante la creación de celdas de manufactura, reducción de tiempo de ciclo en el proceso productivo con el objetivo de evitar productos no conformes.

Palabras claves: ciclo productivo, celdas de manufactura, distribución de planta, tiempo de ciclo, Lean Manufacturing.



Iván R. Coronel, PHD
Director de escuela



Pedro José Crespo, Mgt
Director de trabajo de titulación



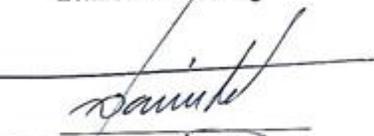
Paula Yadira Ochoa Cabrera
Autor

**“PROPOSAL FOR THE RESTRUCTURING OF THE PRODUCTIVE
PROCESS THROUGH LEAN MANUFACTURING TOOLS”
CASE STUDY: “ANGARA”**

ABSTRACT

This work presents a proposal to restructure a productive process through the use of Lean Manufacturing tools, Angara case study. A situational analysis of the company was carried out to determine the lean tools that were more related to the objectives and more feasible to implement. The proposal focused on plant distribution, elimination of unnecessary movements through the creation of manufacturing cells and the reduction of cycle time in the production process in order to avoid non-conforming products.

Keywords: production cycle, manufacturing cells, plant distribution, cycle time, Lean Manufacturing.



Iván R. Coronel, PHD
Faculty Director



Pedro José Crespo, Mgt
Thesis Director



Paula Yadira Ochoa Cabrera
Author



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas



Translated by
Ing. Paúl Arpi

INTRODUCCIÓN

Ochoa Cabrera Paula Yadira

Trabajo de titulación

Pedro José Crespo, Mgt

Enero, 2019

PROPUESTA DE REESTRUCTURACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO MEDIANTE USO DE HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING CASO DE ESTUDIO: “ANGARA”

El trabajo de titulación fue desarrollado para el taller artesanal Angara, quien se dedica a la fabricación de vajilla utilitaria. Se presenta el Layout y el VSM actual del taller para saber cómo se encuentra el mismo, y que herramientas de Lean Manufacturing son las de mayor beneficio para Angara.

Una vez identificado las herramientas, se plasma el cómo debería ser la implementación para obtener mejoras en el proceso productivo. Por último se elabora una propuesta de Layout con un flujo de producción continuo, y un VSM en donde se encuentran mejoras en los tiempos de ciclos como consecuencia de la implementación de las herramientas antes seleccionadas.

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES

1.1.Historia del taller Angara.

“Angara” es una empresa familiar netamente artesanal que ofrece al mercado vajilla utilitaria de cerámica, su actividad económica comienza en el año 2000 cuando el país atravesaba una dura recesión económica, iniciando el cambio de moneda de sucres a dólares.

Su dueño Guillermo Guerra ofrecía y vendía sus productos a locales comerciales de artesanías en la ciudad de Cuenca. Con el ingreso a una ONG cuyo administrador, un ciudadano de origen alemán, mostro interés en sus productos; comenzó a exigir que los productos que ofrecían debían cumplir con ciertos parámetros de calidad como resistencia a ondas microondas y hornos tradicionales además sugiere que se represente la cultura Cañari con diseños que podrían generar valor agregado que marque la diferencia con el resto de producto que ofrece la competencia en el mercado de artesanías, propone que para el mercado europeo se diseñe artículos diferentes a las tradicionales artesanías decorativos, de esta manera surge la idea de la producción de vajilla utilitaria.

Angara proviene del vocablo quichua Cañari que significa Pilchi es decir todo recipiente de comida y bebida de barro.

El desarrollo del proceso productivo les tomo alrededor de 10 años de investigación para perfeccionar sus productos, entre ellos se encuentra la técnica del engobe es decir obtener colores bases a partir de la tierra, los cuales servirán para pintar sus productos, decorando con técnicas similares a las ancestrales. Angara es reconocida por la utilización de dicha técnica.

Para iniciar su producción, Angara adquiere un pequeño horno eléctrico, un molino de bolas, y un compresor; actualmente se ha reemplazado el horno eléctrico por dos hornos a gas.

Angara se encuentra en constante mejora e innovación de sus productos, tal es el caso que la cerámica que ofrecen al mercado pueden ser utilizados en cocinas de inducción y que sean resistentes cuando estén en contacto directo con el fuego.

El proceso de producción de Angara se cataloga con la modalidad “bajo pedido” ya que la decoración de sus productos tiene especificaciones proporcionadas por el cliente.

El mercado al cual se encuentra dirigida la venta de sus productos es a estratos de clase social media alta y alta, con precios de venta al público elevados.

Una ventaja competitiva de Angara es su flexibilidad en la elaboración de sus productos, generando diseños exclusivos para el cliente.

1.2. Perfil de la empresa:

“Angara” ofrece al mercado vajilla utilitaria, es decir vajilla que se da uso en el día a día, esta empresa trabaja de manera directa con el consumidor final ya que los productos son personalizados.

El tiempo aproximado de entrega del producto es de un mes, por la naturaleza artesanal de su proceso; a pesar del tiempo excesivo de entrega de producto los clientes aceptan por las características de diseño y calidad.

1.2.1. Datos generales de la empresa

Nombre de la empresa: “Angara” cerámica utilitaria

Dirección: José Joaquín de Olmedo y Av. Gonzales Suarez (Cuenca – Ecuador)

Teléfono: (593) 072864115

Email: info@ceramicangara.com

Página web: <http://www.ceramicangara.com/>

1.2.2. Visión

La visión de una empresa es una representación de la manera en la que la alta dirección aspira que la organización sea vista, en un futuro determinado, por clientes, accionistas, empleados, competidores, otros stakeholders y sociedad en general (Coronel, 2017).

La visión de toda organización debe ser instintiva, específica y sobre todo diferencial ya que cada empresa tiene aspiraciones distintas, apunta a diferentes logros de crecimiento y de productividad.

De esta manera “Angara establece su visión como:

Angara brindará vajilla utilitaria basada en la cultura ancestral andina con la más alta calidad e innovación, superando las expectativas del cliente para un mercado nacional e internacional en los próximos 5 años, además de contribuir al desarrollo social y económico creando nuevas fuentes de empleo.”

1.2.3. Misión:

Según (Galindo, 2011) es la razón de ser de la organización, su formulación es una etapa importante del proceso de planeación, en donde se define la razón de ser o propósito de una organización. Básicamente se debe responder la pregunta: “¿por qué existimos?”

Una vez que la organización ha planteado su visión es importante definir o establecer como se logrará la misma, es decir describir la manera en la que la empresa se compromete a avanzar hacia el futuro, creando valor para sus clientes y demás stakeholders, enfocándose siempre en sus valores estratégicos y su visión.

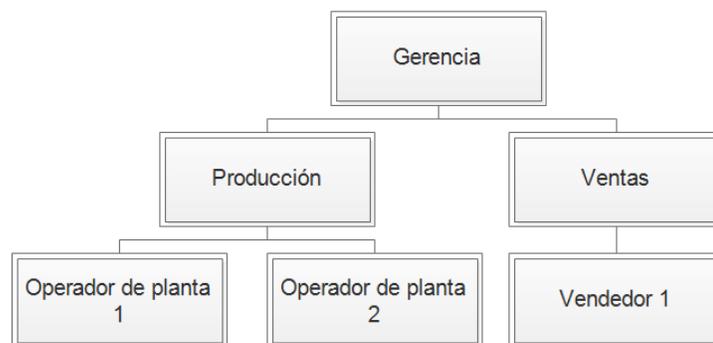
Una vez definido el concepto de misión, Angara establece la misma como:

“Somos una empresa dedicada al diseño, fabricación, comercialización e innovación, ofreciendo todo tipo de vajilla utilitaria, dando a conocer la cultura de los antepasados, la vajilla es elaborada de forma artesanal con diseños personalizados y exclusivos con altos estándares de calidad gracias al control minucioso de cada uno de los procesos, de esta manera cumplimos con los requerimientos de nuestros clientes.”

1.2.4. Organigrama de la empresa

Según Andrade Espinoza (2006), en su libro “Diccionario de economía” define al organigrama de la empresa como una estructura organizativa de cualquier entidad productiva, comercial, administrativa, política, etc.

Angara presenta el siguiente organigrama:



*Ilustración 1 Organigrama de la empresa Angara
Elaborado por: Autor*

Angara, cuenta con un gerente el cual controla toda la empresa y tiene 3 personas a cargo tanto de producción y de ventas, ya que la empresa es considerada como taller artesanal.

1.3.Cadena de valor:

Iván Coronel (2016), define a la cadena de valor como un esquema estructural y estratégico de gestión que permite analizar las actividades que realiza la organización a fin de proyectar sus ventajas competitivas.

Por lo que la cadena de valor de una empresa está conformada por todas las actividades que generan valor agregado y las actividades que son de apoyo, lo que nos permite identificar y analizar actividades relevantes para obtener “ventaja competitiva” ante nuestra competencia.

Según la cadena de valor de Porter, se ha identificado y analizado los procesos que agregan valor y las de apoyo para la empresa “Angara”

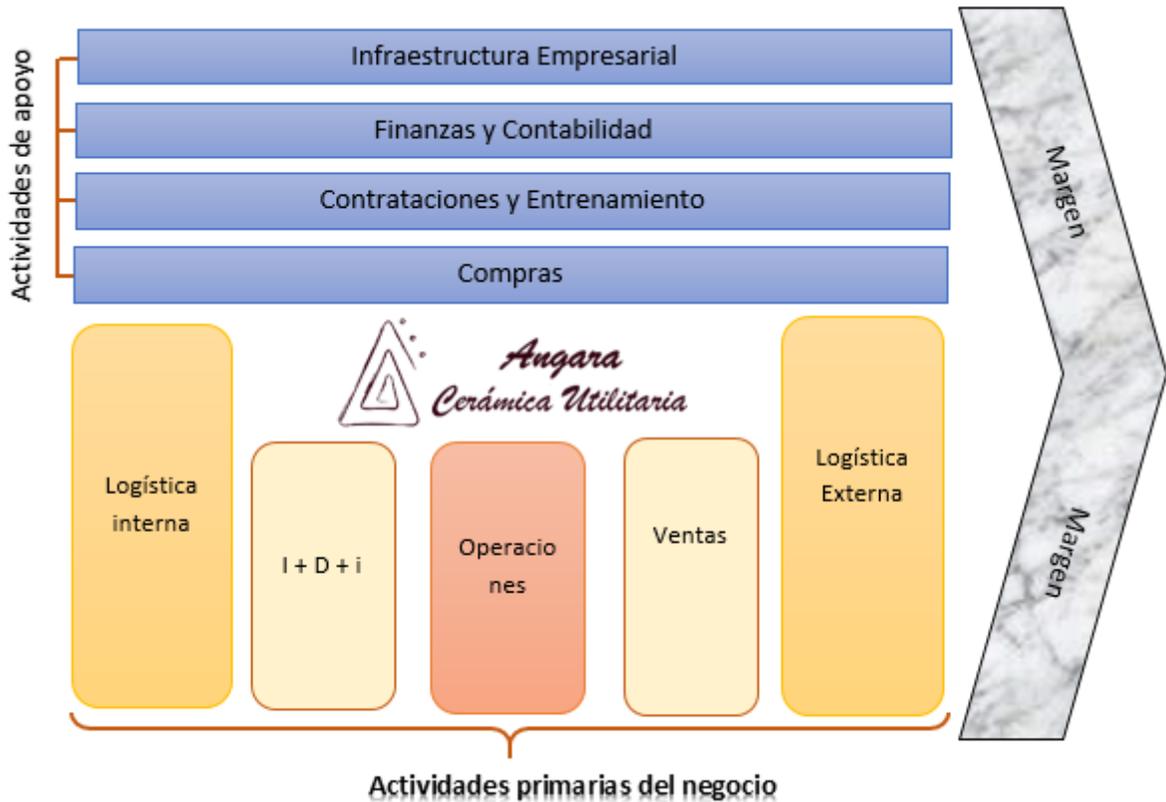


Ilustración 2 Cadena de valor de Porter aplicado a la empresa Angara

Fuente: Michael Porter, 1985

Elaborado por: Paulo Cabrera

Las actividades que desarrolla la empresa Angara para diseñar, producir y entregar el producto al mercado se representan en la ilustración 2, siendo las actividades primarias las de recepción y almacenamiento de materia prima, necesarias para continuar con la actividad productiva; la creación del producto, es decir la elaboración o fabricación de la vajilla; su comercialización, entrega al cliente; ventas y estrategias de Marketing que utiliza la empresa para dar a conocer su producto al mercado, y para finalizar con el servicio de asistencia post venta.

1.4.Productos.

Angara cuenta con un catálogo extenso de productos el cual se divide en:

- Línea de vajillas:



- Línea de Juego de expreso



Blanco Jama
Coaque

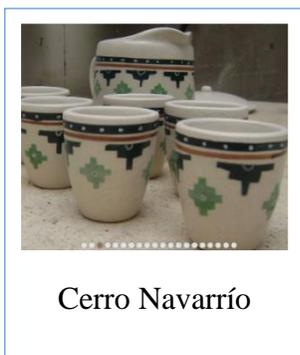


Jambelí



Blanco Pasto

- Línea de Juego de licor



Cerro Navarrío



Valdivia



Tuza

- Línea de Jarros:



Diseño varios



Monos



Cerro Nario

- Línea de Picaditas:



Salseros



Fondue



Bandeja blanca

- Línea decorativa



Candelabro



Mini candelabros



Floreros

Todas las imágenes utilizadas en el presente documento fueron proporcionadas por la empresa Angara.

A pesar de que Angara es una empresa artesanal cuenta con una cartera extensa de productos que ofrece al mercado, demostrando de esa manera que es un empresa flexible, teniendo la capacidad necesaria para poder cumplir con las especificaciones del cliente.

1.5. Layout

El Layout o también conocido como distribución de planta se define como el orden físico de los elementos que forman parte de las instalaciones, bien sea de manufactura o de servicios, es decir se considera los espacios necesarios para los movimientos que se deben realizar para el desarrollo de las actividades de dicha empresa.

Uno de los objetivos de la distribución de planta es ser más eficientes en el desarrollo de las actividades, de esta manera se genera reducción de costos de fabricación e incrementos de los beneficios para los propietarios de la organización; existe además ventajas como reducción de riesgos, enfermedades profesionales, y accidentes de trabajo; mejora la satisfacción del trabajador, incrementa la productividad, disminuye retrasos en la producción, optimiza espacios y se obtiene reducción de tiempo de permanencia del material en el proceso.

Angara al ser un taller artesanal no cuenta con espacio suficiente para la distribución de planta, ya que su proceso productivo se desarrolla en un área no adecuada causando inconvenientes al momento del desarrollo de las actividades productivas, generan movimientos innecesarios, incluso hasta daños en los productos debido que los operadores tienen que mover de un área a otra trasladando las piezas con recursos inseguros generando daños como ruptura en la vajilla, considerado como el 30% (dato proporcionado por el taller Angara) de las causas del daño de la cerámica y teniendo como resultado pérdidas para la empresa

Para mayor facilidad de comprensión de la distribución de planta actual de Angara -véase la ilustración 3 “Layout actual del taller Angara”- se introduce los movimientos que el operador tiene que realizar para una producción (siga la secuencia del abecedario para mejor entendimiento del flujo de producción).



Ilustración 3: Layout actual del taller Angara
 Elaborado por: Autor

Como se puede observar en el layout presentado, la empresa no cuenta con un flujo de producción continua, generando movimientos innecesarios que incrementan los tiempos de producción y por ende costos que se podrían reducir o eliminar.

El movimiento del traslado de las piezas se da entre las siguientes áreas:

- ✓ Área de moldes y secado – área de hornos.
- ✓ Área de hornos – área de acabado final.
- ✓ Área de acabado final – área de hornos.
- ✓ Área de hornos – área de acabado final (este movimiento se realiza al finalizar el proceso productivo para el empaquetado de la vajilla);

Estos movimientos generan atrasos en el proceso e incumpliendo el plazo de entrega del producto al cliente por daños causados debido a los traslados de un área a otra.

CAPÍTULO II: ANALISIS SITUACIONAL

Es de vital importancia conocer cómo se encuentra la empresa en la actualidad en cuanto a mercado, personas, productos, servicios, precios / retribuciones y sobre todo en instalaciones y recursos.

El desarrollo de un diagnóstico inicial permite sentar las bases de un inicio documentado, realistas y con un conocimiento del proceso en general, siendo este un punto de partida en la propuesta del rediseño del sistema productivo así como en la estrategia correspondiente de acuerdo a las necesidades de la empresa.

2.1 Producto estrella.

Se denomina producto estrella aquel que tiene alto crecimiento en el mercado, es decir un producto que se vende con mayor frecuencia.

Angara ofrece al cliente una amplia cartera de productos, como se especifica en el punto 1.4; para poder identificar cuál de los productos que ofrece al mercado es considerado como estrella (siendo éste el punto de partida para el desarrollo de la propuesta de rediseño del proceso productivo) se realiza un estudio de los productos más vendidos en un periodo de dos años (histórico) teniendo el siguiente resultado:

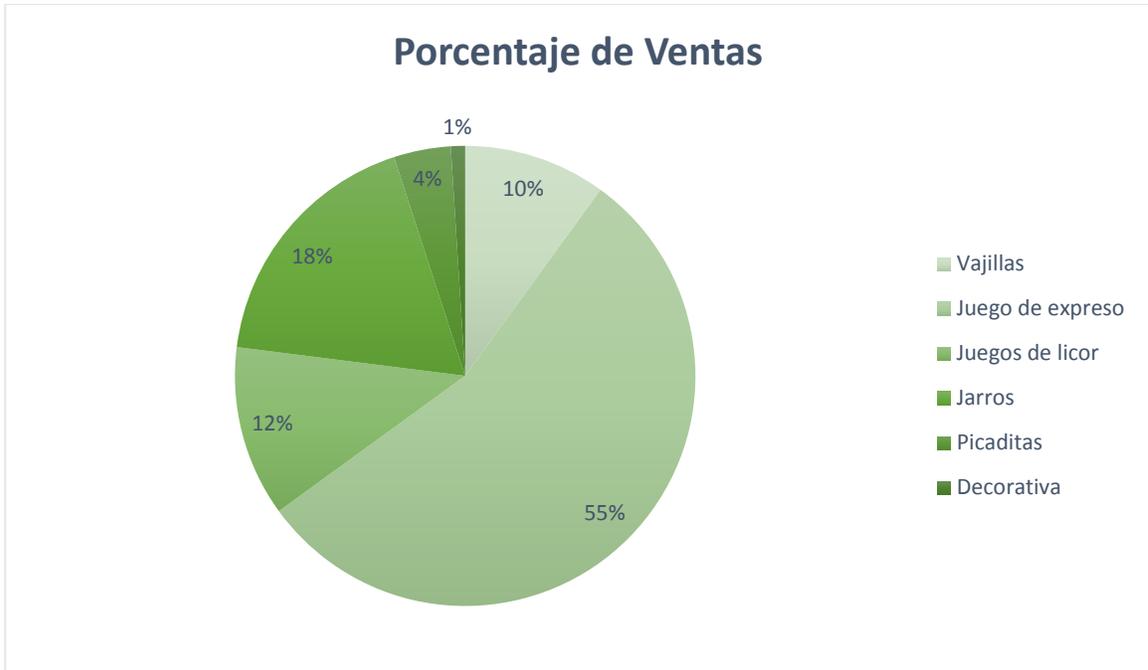


Ilustración 4 Porcentaje de ventas de productos del taller Angara de los últimos dos años

Fuente: Guillermo Guerra

Elaborado por: Autor

Tal como se representa en la ilustración 4, el producto que mayor ventas ha generado es el “*juego de expreso*”, representando un 55% del total de ventas en un periodo de dos años, en segundo lugar se encuentran los “*jarros*”, que representan un total del 18% de ventas de toda su cartera de productos, el tercer producto más vendido de la empresa Angara son los “*juegos de licor*”, el mismo que está representado con un 12% de las ventas que obtuvo la empresa en el periodo mencionado (dos años), como cuarto lugar ocupa las “*vajillas*”, representado un 10% del total de ventas, este producto a pesar que es apreciado por el consumidor o cliente, no logra convertirse en un producto estrella por los precios elevados al público, en quinto lugar se encuentra los productos catalogados como “*picaditas*” generando un total del 4% de las ventas de Angara, y como último lugar se encuentra los productos que están dentro de la categoría de “*decorativas*” ya que los clientes prefieren cerámica utilitaria, teniendo como resultado un porcentaje de 1% de las ventas de la empresa.

Una vez identificado los productos que más ventas han tenido en estos dos últimos años, información que ha servido como input para proceder a elaborar la matriz BCG o conocida

como matriz de crecimiento – participación (metodología grafica que se emplea en el análisis de cartera de negocios de una empresa, fue creada por *Boston Consulting Group*, de ahí proviene las siglas del nombre de la matriz, dicha organización público por primera vez la matriz en la década de los 70. (Kotler, 2001)).

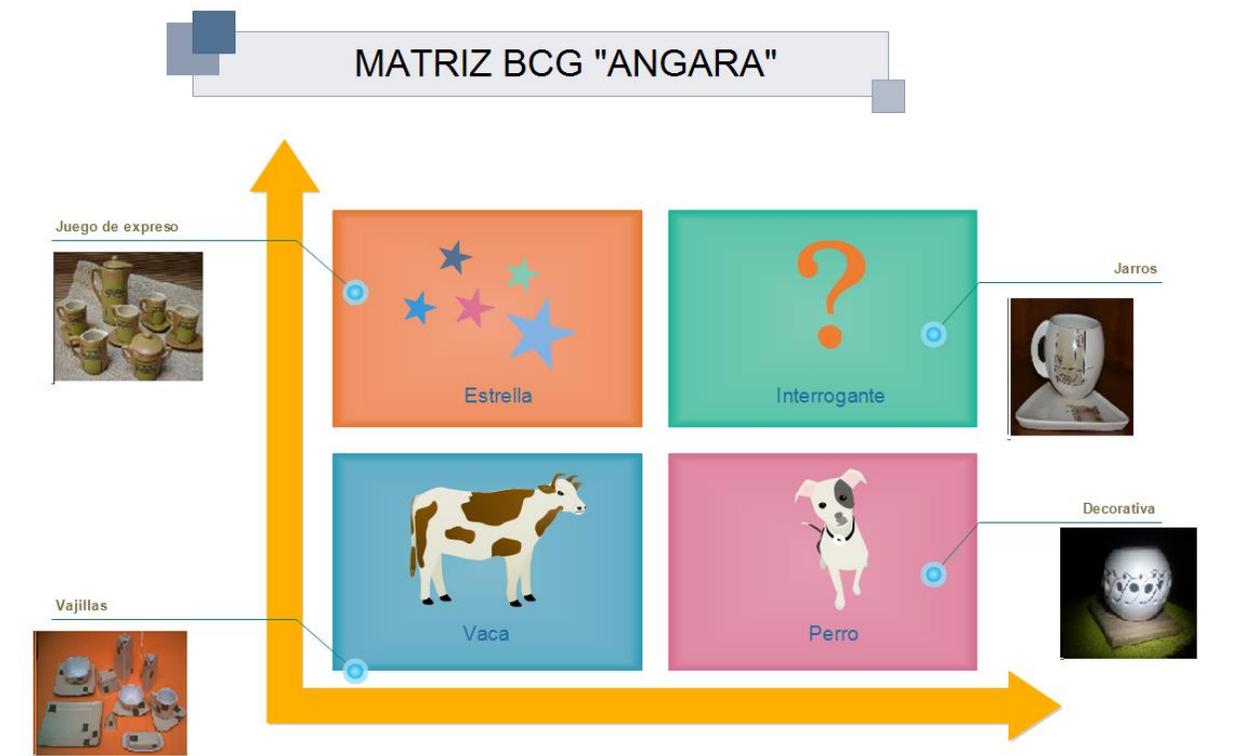


Ilustración 5 Matriz BCG del taller "Angara"
Elaborado por: Autor

El producto estrella del taller Angara son los que se encuentran catalogados dentro de la categoría juego de expreso, este producto representa el 55% del total de la ventas, por lo que tiene mayor participación en el mercado considerado de alto crecimiento, convirtiendo a este producto como fuente principal de ingreso para el taller generando flujo de caja positivo. En cuanto al producto vaca de la empresa son las vajillas, debido a que son la más rentable dentro de la cartera de productos que ofrece al mercado; el producto perro de

Angara es la línea decorativa porque tienen una baja participación en el mercado y por ende un lento crecimiento, no se recomienda invertir en dicha línea; por último se tiene a la línea de jarros que se ubica en el cuadrante de interrogantes ya que tiene poca participación en el mercado pero se considera de alto crecimiento por el porcentaje de ventas generadas en los dos últimos años .

2.2. Diagrama de flujo de procesos

El proceso de fabricación es un conjunto de acciones que se encuentran relacionadas entre sí de manera dinámica y se enfoca a la transformación de elementos de entradas, es decir materia prima, a elementos de salida (producto terminado), con valor agregado.

Un diagrama de flujo básicamente es una representación gráfica de un proceso, en donde cada paso que se realiza es representado por diferentes símbolos. Dichos símbolos están unidos entre sí con flechas que indican la dirección y secuencia del flujo del proceso, de esta manera facilita a una rápida comprensión de cada actividad, flujo de información y materiales. (Luis Miguel, 2011)

Existen varias simbologías que utilizan para desarrollar o elaborar los diagramas de flujo entre ellas tenemos: ASME (*American Society of Mechanical Engineers*), han desarrollado simbologías convencionales, a pesar de la gran aceptación de las mismas se considera que son limitadas y no satisface todas las necesidades de los usuarios. De esta manera surge simbología ANSI, (*American National Standard Institute*)

Para comprender de mejor manera como se lleva el proceso producto de la elaboración de la vajilla utilitaria que ofrece la empresa se desarrollará un diagrama de flujo funcional con simbología ANSI. Se decide realizar el diagrama sin tener que dividir por ejecutores.

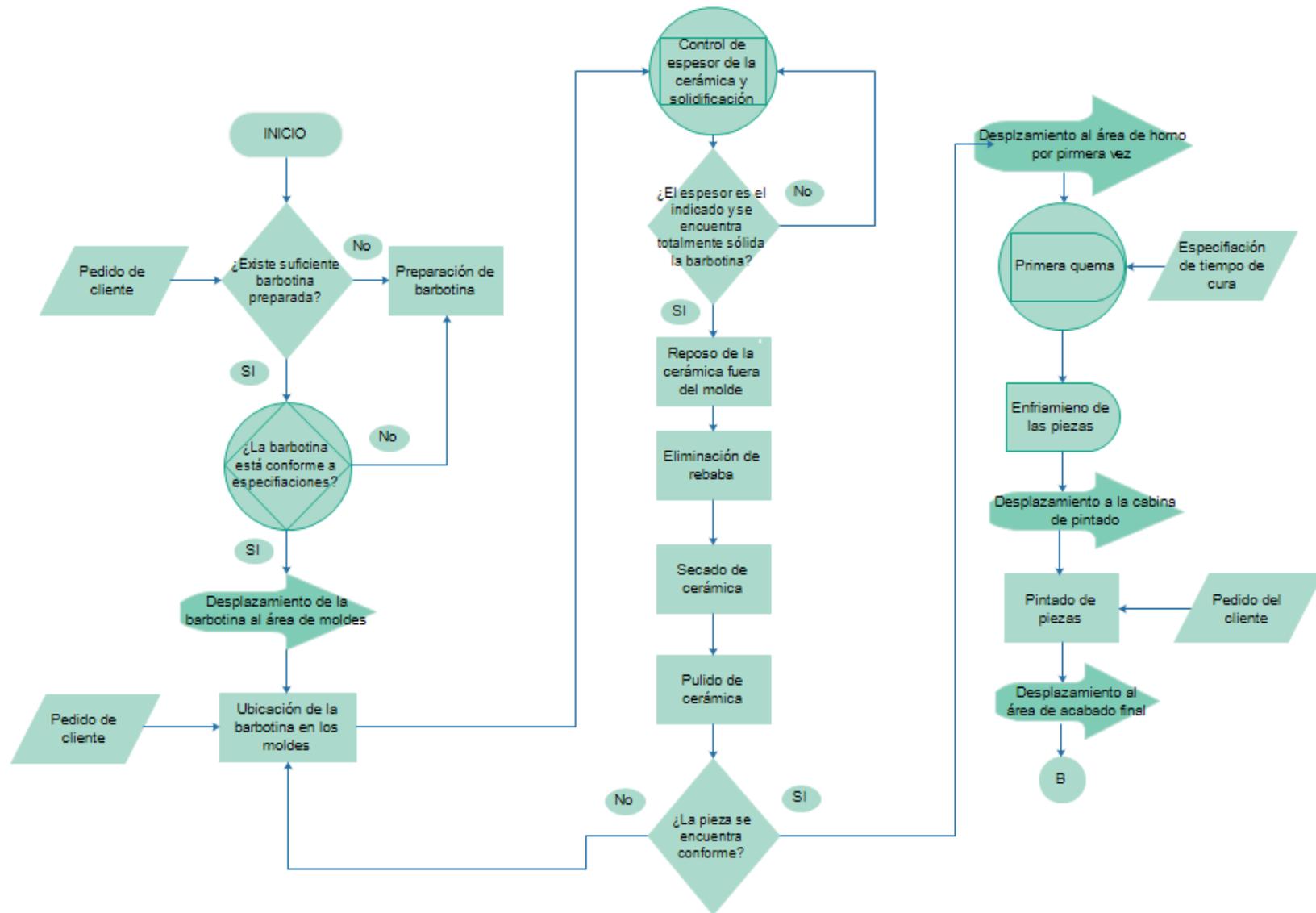


Ilustración 6 Diagrama de flujo de la elaboración de vajilla utilitaria de la empresa Angara

Elaborado por: Autor

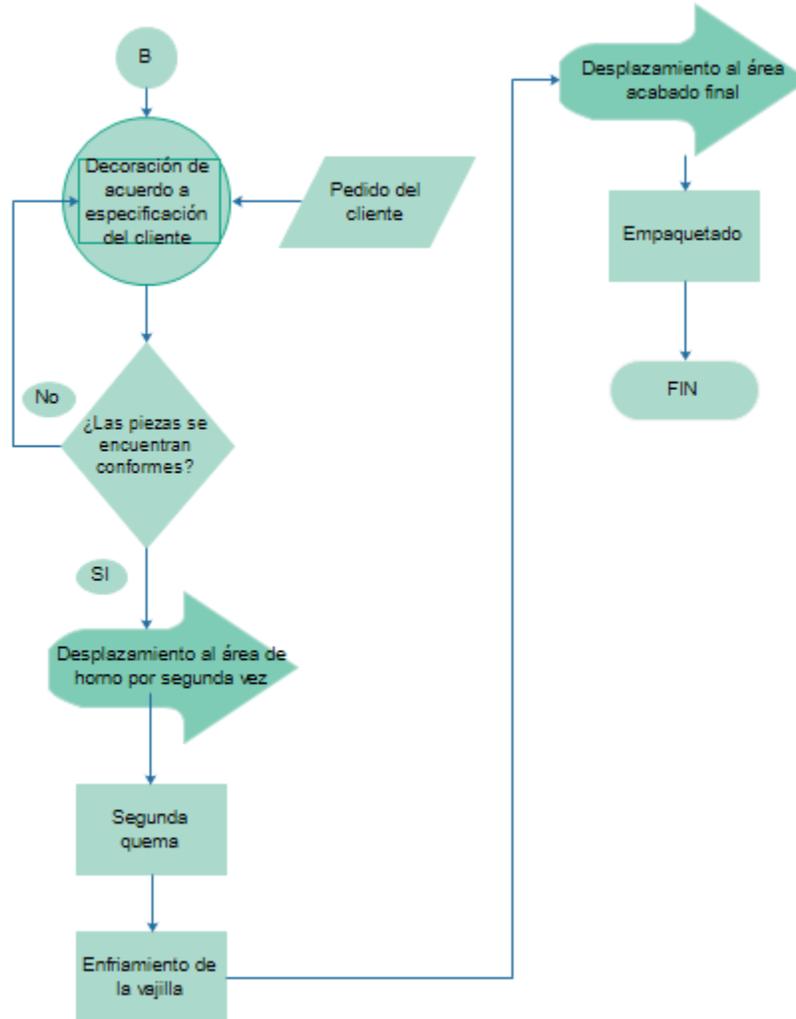


Ilustración 6 Diagrama de flujo de la elaboración de vajilla utilitaria de la empresa Angara
Elaborado por: Autor

Al presentar el diagrama de flujo de la elaboración de juego de expreso de la empresa “Angara” se puede comprender de mejor manera cual es la secuencia del proceso productivo.

Como se puede observar en el diagrama de flujo presentado, existen actividades que no agregan valor al proceso como los movimientos innecesarios de traslado de la vajilla de un área a otra, generando así pérdidas de tiempo, daño de piezas por los movimientos, ocasionando atrasos en la entrega de productos a los clientes e inconformidad de los mismos.

2.3. Procedimiento

Con el objetivo de tener un mejor conocimiento del proceso productivo que desarrolla la empresa Angara, a continuación se presenta en la tabla 1 el procedimiento de elaboración de juego de expreso de “Angara”:

Tabla 1 Procedimiento de elaboración de juego de expreso "Angara"

VAJILLA UTILITARIA "ANGARA" - JUEGO DE EXPRESO			
PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DE JUEGO DE EXPRESO "ANGARA"			
Especificación	Descripción de la actividad	Registro	Indicador
	Revisión de la existencia de barbotina elaborada		
Documento de especificación del pedido	Preparación de la barbotina	Archivo de cantidad de materia prima utilizada	
	Inspección de barbotina		
	Desplazamiento de la barbotina al área de moldes		
Documento de especificación del pedido	Ubicación de la barbotina en los moldes de yeso		
	Control del espesor de la cerámica y solidificación		Espesor depende de la vajilla
	Reposo de la cerámica fuera del molde		
	Eliminación de la rebaba		
	Secado de la cerámica		
	Pulido de cerámica		
	Desplazamiento al área de horno por primera vez		
Especificación del tiempo de cura	Primera quema		Tiempo estimado de 4 horas a una temperatura de 1040 °C
	Enfriamiento de las piezas.		Tiempo estimado de enfriamiento 8 horas
	Desplazamiento a la cabina de pintado		
Documento de especificación del pedido	Pintado de piezas		
	Desplazamiento al área de acabado final		
Documento de especificación del pedido	Decoración de acuerdo a especificación del cliente		
	Desplazamiento al área de hornos por segunda vez		
	Segunda quema.		Tiempo estimado 5 horas a una temperatura de 1040°C
	Enfriamiento de la vajilla		Tiempo estimado de enfriamiento 10 horas

	Desplazamiento al área de acabado final		
	Empaquetado		
	REVISADO:	APROBADO:	

Formato: Iván Coronel.

Elaborado por: Autor

Para poder dar inicio al proceso producto es obligatorio que se tenga un pedido del cliente, debido que Angara trabaja “bajo pedido”, una vez que tengan dicho input se procede a la revisión o preparación de la barbotina, para ello se necesita algunas materias primas la cuales se tienen almacenados fuera de las instalaciones de la planta debido a la limitación del espacio físico en donde está funcionando, han considerado tener pequeñas cantidades de materia prima dentro de las instalaciones, al momento de terminarse dichas cantidades se tienen que trasladarse un distancia aproximada de 15 km para poder abastecerse.

Se debería organizar de tal manera que la bodega de materia prima se encuentre dentro de las instalaciones de la empresa Angara, de esta manera se evitará el traslado innecesario para el abastecimiento de la misma.

Es importante tener al alcance el documento de especificación del pedido del cliente en actividades como la ubicación de la barbotina en los moldes de yeso, pintado de piezas, decoración de acuerdo a especificación, y en el documento de especificación del tiempo de cura, en vista que en el manuscrito se encuentra registrado las horas que se debe mantener la cerámica dentro del horno. El tiempo de enfriamiento de la pieza, es una actividad importante dentro del proceso productivo debido a que si la cerámica tiene un enfriamiento brusco llega a trisarse convirtiéndose en un producto no conforme e incrementa el tiempo de entrega del producto al cliente.

2.4. Flujograma analítico del proceso

Este tipo de diagrama se utiliza para identificar de forma secuencial de las actividades que forman parte de un proceso y establecer a cada una de ellas la identificación del tipo de operación, clasificando en cinco símbolos: operación, transporte, demora, inspección y almacenamiento; igualmente la cantidad de veces que se ejecuta la actividad, el tiempo requerido y la distancias recorridas. (Agudelo & Escobar, 2007)

Para conocer de mejor manera como se lleva a cabo el proceso productivo de “Angara” se desarrolla el flujograma analítico actual de la empresa de la elaboración del producto estrella, “juego de expreso”, en donde se podrá observar el tipo de operaciones que realiza la empresa para obtener el producto final.

Tabla 2 Flujograma analítico del proceso de elaboración del producto estrella de la empresa "Angara"

Proceso:	
Actividad	Elaboración de juego de expreso
Empieza	Revisión de existencia de barbotina
Termina	Empaquetado del producto

Método:	
Actual	<input checked="" type="checkbox"/> Propuesto <input type="checkbox"/>

Elaborado por:	Paula Ochoa
Fecha	16-abr-18

Actividad	Actual	Propu.	Econo.
Operación 	9		
Transporte 	3		
Espera 	3		
Inspección 	3		
Almacenamiento 	0		
Distancia(m)	37		
Tiempo de ciclo	287.546		

Nro	Descripción	Cant.	Dist. (m)	Tiem. (h)	Símbolos					Observaciones
										
1	Revisión de la existencia de barbotina elaborada			0.050				<input checked="" type="checkbox"/>		
2	Preparación de Barbotina			7.000	<input checked="" type="checkbox"/>					
3	Inspección visual de la barbotina (granulometría)			0.083				<input checked="" type="checkbox"/>		Verificar fluidez, viscosidad, densidad
4	Desplazamiento de la barbotina al área de moldes		3	0.017		<input checked="" type="checkbox"/>				
5	Ubicación de barbotina en moldes			0.333	<input checked="" type="checkbox"/>					
6	Control de espesor y solidificación de la cerámica			0.250				<input checked="" type="checkbox"/>		Cumplir con especificaciones
7	Reposo de la cerámica fuera del molde			10.000			<input checked="" type="checkbox"/>			
8	Eliminación de rebaba			0.500	<input checked="" type="checkbox"/>					
9	Secado de la cerámica			240.000				<input checked="" type="checkbox"/>		
10	Pulido de cerámica			1.000	<input checked="" type="checkbox"/>					
11	Desplazamiento al área de hornos por primer vez		2	0.008		<input checked="" type="checkbox"/>				

12	Primera quema			3.000	*					Verificar que la temperatura del horno esté en 140°C
13	Enfriamiento de la pieza			6.000				*		
14	Desplazamiento a la cabina de pintado	7.3		0.050				*		
15	Pintado de piezas			1.00	*					
16	Desplazamiento al área de acabado final	11.85		0.067				*		
17	Decoración de acuerdo a especificación del cliente			3.000	*					
18	Desplazamiento al área de hornos por segunda vez	8.25		0.058				*		
19	Segunda quema			5.000	*					Verificar que la temperatura del horno esté en 140°C
20	Enfriamiento de las piezas cerámicas			10.000				*		
21	Desplazamiento al área de acabado final	4.6		0.050				*		
22	Empaquetado			0.083	*					
	TOTAL		37	287.546		9	3	3	3	

Elaborado por: Autor

Una vez realizado el flujograma analítico de la empresa Angara (véase tabla 2), se considera que, de las actividades mencionadas; 9 corresponden a operación, 3 a transporte, 3 a espera, 3 a inspecciones y 0 almacenamiento, con tiempo de ciclo de 287.546 horas y una distancia recorrida de 37 metros.

Al tener este tipo de información se puede observar con mayor facilidad que existen operaciones con tiempos elevados, y transportes innecesarios los cuales deben ser eliminados en su totalidad o por lo menos disminuir.

2.5. Conclusiones:

Debido a la variedad de productos que ofrece Angara al mercado, se realiza un estudio del producto estrella de la empresa, partiendo de la variable ventas, es decir el producto que mayor venta generó la empresa en los últimos dos años; teniendo como resultado los juegos de expreso como el producto más vendido generando el 55% del total de ventas.

En el diagrama de flujo funcional del proceso productivo se puede observar actividades que no agregan valor al producto, como son las esperas y las excesivas inspecciones de las actividades, el objetivo de presentar el diagrama de flujo actual es encontrar los errores del proceso productivo y así generar propuestas de mejora e ingresar al ciclo Deming.

Para documentar el proceso productivo de la empresa Angara se considera importante desarrollar un procedimiento en donde se detalle las actividades, registros y por ultimo indicadores. El procedimiento que se presenta de la empresa ayuda a corroborar las falencias que tiene Angara.

En cuanto al flujograma analítico que se desarrolla en el punto 2.4 existen operaciones que se realizan en un tiempo extenso los cuales generan incremento del tiempo de entrega de producto, por lo que el objetivo es reducir dichos tiempos para satisfacer las necesidades de los clientes.

Como resultado Angara tiene una inadecuada distribución de su planta debido a que tiene movimientos incensarios como son los traslados de largas distancias de un área a otra.

Dentro de los planes de la empresa está en trasladar la planta a una nueva nave industrial, en donde se considera necesario generar un flujo continuo de producción, para eliminar o disminuir los movimientos y traslados incensarios, tiempos de ciclo, actividades que no agreguen valor al cliente; para ello se ha visto la necesidad de utilizar herramientas de Lean Manufacturing.

Para poder identificar con claridad las herramientas de Lean Manufacturing que ayuden a la mejora del proceso productivo de la empresa Angara se tomará como referencia el cuadro presentado en el trabajo de titulación de (Campoverde & Espinosa, 2016) ingenieros de producción y operaciones de la universidad del Azuay.

Tabla 3 Matriz de selección de herramientas Lean Manufacturing en talleres industriales

Matriz de selección de herramientas <i>Lean Manufacturing</i> en talleres industriales.					
Herramientas <i>Lean Manufacturing</i>	Impacto en producción	Viable de ser implementado			¿Por qué?
		Alto	Medio	Bajo	
Cinco S (5'S)	Reduce los tiempos y mejora la calidad de los productos.	✓			Fundamental en el <i>Lean Manufacturing</i> y brinda resultados rápidos.
Celdas de Manufactura	Optimiza el uso de los recursos, reduciendo.		✓		Los recursos del taller son limitados, es decir, el producto se adapta al <i>Layout</i> del taller y no al contrario.
Kanban	Prioriza la producción y manejo de materiales reduciendo los desperdicios.	✓			Controla los procesos de manera directa evitando el trabajo innecesario.
Value Stream Mapping (VSM)	Identifica las oportunidades de mejora en los procesos.	✓			Permite visualizar los procesos, su flujo de información y materiales.

Elaborado por: Luis Campoverde & Gabriel Espinosa.

De acuerdo a la tabla (3) las herramientas que se deberán utilizar para la mejora del proceso son: 5's pero de acuerdo al tipo de trabajo de titulación se enfocará en las primeras 4's (véase capítulo 4) para mantener el orden y limpieza de las áreas y así evitar los

movimientos innecesarias, además de dar inicio a la estandarización física (infraestructura) del taller; para eliminar o fusionar los procesos se utilizará VSM e identificar las oportunidades de mejora en el proceso; para llevar un control adecuado de materia prima y barbotina elaborada se utilizará Kanban; y celdas de manufactura para la optimización del uso de recursos y reducción de desplazamiento del operador.

El capítulo 4 tratará de cómo utilizar las herramientas Lean Manufacturing para reducir las falencias que se han mencionado.

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO DE HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING.

Se presenta el origen de Lean manufacturing y como ha ido potenciando sus herramientas con el transcurso del tiempo.

Se tratará temas generales como: definición y principios de Lean Manufacturing con el objetivo de desarrollar conceptos que será utilizada para la elaboración de la propuesta de implementación, caso aplicado “Angara.”

3.1. Origen de lean manufacturing

En 1776 James Watt inventó la máquina de vapor de doble acción, con la cual dio inicio a la revolución de la manufactura moderna, se puede decir que marcó el inicio de la revolución industrial.

Para el año 1798 Eli Whitney mostro al mundo una máquina de dos piezas intercambiables, este método consistía en la fabricación mediante plantillas, permitiendo de esta manera eliminar los ajustes manuales. Esta máquina dio mayor impulso a la producción en masa o conocida como producción masiva, pues, gracias a ello se pudo llegar a lo que hoy en día es la estandarización.

Frederick Taylor (1851 – 1915) cambio radicalmente el enfoque de “manufactura” ya que convirtió la administración de manufactura en una ciencia (Soccini, 2008), gracias a su estudio propuso las divisiones en departamentos, en los cuales se debería concentrar los esfuerzos de operadores u obreros en actividades específicas, proponiendo de esta manera la estandarización del trabajo. Esta técnica se convirtió en un modelo para la industria occidental.

En el año 1890 Sakichi Toyoda concibió un dispositivo que detenía el telar cuando se rompía un hilo e indicaba –gracias a una ayuda visual- al operador que la maquina se había

detenido y que debía ser revisada, este invento es conocido como Jidhoka, que significa automatización con toque humano.

Por otra parte en 1908 Henry Ford inicio la manufactura con el famoso modelo “T”, en donde el obrero no se movía de su sitio de trabajo, más bien todo lo contrario las piezas eran las que se movían, generando de esta manera una línea de montaje móvil mediante el cual se fabricaron alrededor de 15 millones de automóviles.

En 1929 el hijo de Sakichi Toyoda, Kiichiro Toyoda viajó a Inglaterra para vender la máquina de su padre en el cual había aplicado un enfoque técnico (Madariaga, 2013), logrando de esta manera que los equipos trabajaran sin ningún tipo de interrupciones, y en varios turnos, llamando a esta mejora “a prueba de error”. Con las ganancias que obtuvo de la venta en Inglaterra inició con Toyota Motor Company.

Kiichiro Toyoda como presidente de la compañía Toyota se dio cuenta que la competitividad de los obreros japoneses era casi tres y diez veces menor que de los obreros alemanes y estadounidenses, sucesivamente. De esta manera con el apoyo de Eiji Toyoda y Taiichi Onho creo un sistema que asegure rentabilidad en el mercado llamado “Just in Time” que consistía en fabricar solo lo necesario, cuando sea necesario y las cantidad específicas, ni más ni menos (Madariaga, 2013).

Eiji Toyoda deseaba cambiar una bodega en un taller de máquinas, fue sin duda un gran líder que convirtió una fábrica de automóviles en uno de los negocios más rentables. Esta idea fue un pilar fundamental para la creación de Lean Manufacturing.

En 1943 Taiichi Onho comenzó a trabajar en Toyota junto con su compañero Eiji Toyoda generó e implemento un sistema de producción TPS por sus sigla (Toyota Production System), conocida en español como “Sistema de producción Toyota”, mejorando de esta manera la producción y eliminando los desperdicios

En el mismo año Shigeo Shingo comenzó a laborar en Toyota quien estudió detalladamente la administración científica del trabajo y las teorías sobre tiempo, logrando entender las diferencias entre los procesos, operaciones y estudios para transformarlos en flujo continuo con el menor número posible de interrupciones con el fin de entregar al cliente únicamente lo que requiere sin necesidad de producir grandes lotes ni generar inventario innecesarios (Soccini, 2008). Su aporte a la manufactura se encuentra el dispositivo “poka yoke” que elimina defectos al eliminar errores.

Básicamente la filosofía Lean Manufacturing fue desarrollada por la industria del automóvil japonesa, principalmente Toyota.

En el año 1959 Shingo fundó su propia empresa de consultoría, logrando disminuir tiempo de preparación de prensas de 49 horas hasta 3 minutos para poder cambiar de un producto B a un producto C, generando de esta manera lo que hoy en día se conoce como SMED por sus siglas en inglés “Single Minute Exchange of Die” (cambio de herramientas en un solo dígito de minuto)

Taiichi Onho (ingeniero mecánico) y Shigeo Shingo (ingeniero industrial) son conocidos como los pioneros de lean manufacturing.

El término Lean se utilizó por primera vez en el libro “La máquina que cambió el mundo” en donde se conoce al Lean como un sistema de producción Toyota TPS. Hoy en día la terminología “Lean” se lo asocia con eliminación de desperdicios, pero se debe entender que este es uno de los tantos beneficios que ofrece el pensamiento Lean Manufacturing.

3.2. Definición de Lean Manufacturing.

Cuando hablamos de lean manufacturing podemos encontrar varias terminologías en castellano con lo que algunas empresas hacen referencia a esta técnica,, tales como: producción delgada, ajustada, ágil, esbelta.

A pesar de las diferentes traducciones en castellano, la mayoría de empresas han adaptado como universales palabras en inglés o japonés que han pasado a ser parte del vocabulario técnico de empresas que han adoptado esta metodología (Hermánadez Matías & Antonio, 2013)

Lean manufacturing es el nombre que recibe el sistema JIT (Just In Time), se considera como una filosofía basado en las personas bien organizadas y capacitadas, que básicamente define la forma de optimizar un sistema productivo, enfocado en la eliminación de los desperdicios, es decir el uso excesivo de los recursos.

Según el autor Luis Socconini, en su libro Lean Manufacturing: paso a paso, expresa:

“Se puede definir como un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o exceso, entendiendo como exceso aquella actividad que no agrega valor a un proceso, pero sí costo y trabajo”

Se considera como desperdicios ha:

Sobreproducción	Sobreinventario	Productos defectuosos
Transporte de materia y herramientas	Esperas	Movimienos innecesarios del operado
Desperdicio de talento humano	Desperdicio de energía	Mala comunicación

Ilustración 7 Desperdicios en los procesos dentro de una fábrica

Fuente: (Villaseñor & Galindo, 2007)

Elaborado por: autor

Lean manufacturing detecta lo que no se debe hacer ya que esto no agrega valor para el cliente, se enfoca para que estas actividades innecesarias sean eliminadas y así dirigir a las empresas para que sean más efectivas, eficientes e innovadoras.

Lean no es una técnica estática, más bien todo lo contrario, Lean se basa en descubrir de manera continua oportunidades de mejora, teniendo como primer paso el reconocer la existencia de desperdicios en una empresa, es un reto poder encontrarlos y eliminarlos.

Una empresa esbelta (Lean) que desea alcanzar un mejor beneficio, a pesar de las condiciones cambiantes del mundo globalizado en la que vivimos hoy en día, deben estar en la capacidad de adaptarse de forma rápida a los cambios. Para esta sobrevivencia se debe acudir a herramientas adecuadas para mejora, resolución o solución de problemas, prevención.

Es muy común que se piense que solo con la introducción de nuevas metodologías y herramientas en una empresa, se comenzará a notar los cambios que se espera, sin embargo, todo el esfuerzo en la implementación de dicha metodología no es suficiente para alcanzar los objetivos, es importante no dejar a un lado la participación de las personas ya que debe surgir un compromiso, no nos olvidemos de la cultura, es decir la manera de pensar y actuar.



*Ilustración 8 Integración de participación, herramientas, cultura
Autor: (Soccini, 2008)*

En la ilustración 8 se puede ver gráficamente la integración de herramientas, participación del personal y cambio de cultura.

3.3. Principios de lean manufacturing.

(Jones & Womack, 1996) en su libro *Lean Thinking*, expresa que existe 5 principios de Lean manufacturing:

- 1. Especificar el Valor para los clientes (eliminar desperdicios).** Está claro que el cliente pagará por su criterio personal que es lo que considera pagar dicho precio, y esto es lo que el cliente ve en el producto, si existe una actividad que no es tangible para el cliente este no está dispuesto a pagar por el producto final. Por consiguiente se considera que actividades que agregan valor al producto son las que el cliente está dispuesto a pagar, y el resto de actividades son consideradas como desperdicios.

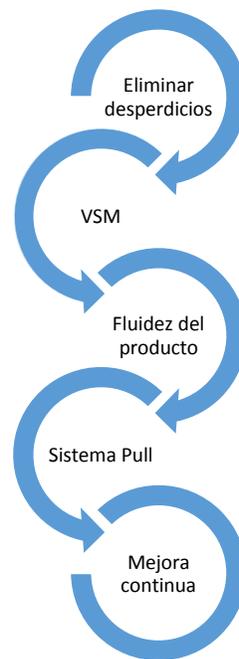
Para especificar el valor para el cliente se debe comprender los requerimientos y expectativas de los mismos. (Jones & Womack, 1996)

- 2. Identificar el mapa de la cadena de valor (VSM).** la secuencia con la que se ejecuta las actividades que cubren las necesidades del cliente, son conocidas como "*Flujo de valor*" Al crear un VSM se identifica con mayor facilidad las actividades que no agregan valor con el objetivo de eliminarlas.
- 3. Favorecer el flujo (sin interrupción) o fluidez del producto:** se debe lograr un movimiento continuo del producto o servicio, dependiendo del giro de negocio, para poder alcanzar este objetivo se tiene que reducir tiempo, demoras en el flujo de valor.

- 4. Dejar que los clientes tiren la producción (sistema PULL).** El sistema pull ayuda a generar respuestas rápidas y exactas, de esta manera se produce solo lo que el cliente requiere evitando así un inventario innecesario.

El sistema Pull produce la demanda que requiere el cliente, mediante una respuesta rápida.

- 5. Mejora continua (perfección):** es indispensable que se trabaje de forma constante para tener como resultado ciclos más cortos (de producción), obtener mayor cantidad de productos con la mejor calidad.



*Ilustración 9 Principios de lean manufacturing
Información obtenida de (Jones & Womack, 1996)
Elaborado por: Autor*

En la ilustración 9 se puede observar la vinculación de los principios de lean manufacturing, es indispensable cada uno de ellos para poder llegar al éxito en la implementación de la filosofía lean y el éxito empresarial.

3.4. Tipos de desperdicios

En el mundo globalizado en la que se vive hoy en día el “perder el tiempo” en una empresa es imperdonable, por ello se debe invertir sus esfuerzos únicamente en actividades que agreguen valor para el cliente.

De todas las actividades que se desarrolla en una empresa solo el 5 al 10% agregan valor (Soccini, 2008) y el 90 al 95% se considera como desperdicios, dichos desperdicios son causantes que las empresas -especialmente las PYMES- sean poco competitiva generando problemas de liquidez y para solucionar los problemas económicos los directivos comienzan a despedir personal o reducen la calidad de sus insumos teniendo como consecuencia un producto final de baja calidad, de esta manera no se enfocan a la raíz del problema que llega a ser los desperdicios.

Al tener desperdicios en las empresas es común que se genere un efecto cascada, saldrán a la luz y serán más evidentes otros tipos de pérdidas como: pérdida de tiempo, pérdida de capacidad, pérdida de recursos y pérdida de oportunidad.

La productividad en una empresa es de vital importancia para que estas se mantengan en el mercado, pero existen problemas que limitan a los resultados que se espera. Por esta razón los japoneses clasifican 3 limitantes de productividad, los cuales los denominan las “3 Mu’s” por sus nombres en japonés:

- MURI = Sobre carga
- MURA = Variabilidad
- MUDA = Desperdicios

Los desperdicios son un gran limitante para mejorar la productividad en las empresas, aunque algunos expertos del tema consideran que no se debería denominar como desperdicio más bien se debe llamar “exceso”; para entender que es un desperdicio es importante definir que son *“actividades que no agregan valor.”*

“Uno de los principales objetivos de Lean Manufacturing es conocer, detectar y eliminar sistemáticamente todos los desperdicios de la industria” (Soccini, 2008)

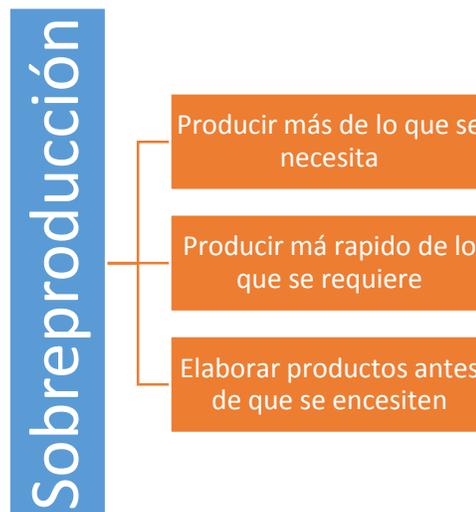
Toyota clasifica en 7 tipos de desperdicios:

1. Muda de sobreproducción.
2. Muda de sobre inventario.
3. Muda de productos defectuosos.
4. Muda de transporte de materiales y herramientas.
5. Muda de procesos innecesarios.
6. Muda de espera.
7. Muda de movimientos innecesarios del trabajador.

Es importante definir y comprender cada uno de los desperdicios mencionados

3.4.1. Sobreproducción:

Para poder tener una definición clara obsérvese el siguiente mapa:



Mapa conceptual 1 Definición de sobreproducción

Información obtenida de (Soccini, 2008)

Elaborado por: autor

De acuerdo con el mapa conceptual 1, la sobre producción es elaborar productos en exceso e incensarios, teniendo como consecuencia gran cantidad de inventarios, complejo manejo de inventarios, espacios excesivo para el almacenamiento de

productos, contratación de mano de obra más de lo necesario, obsolescencia de materiales, incrementa el costo de operación

La sobre producción se genera en el adelanto de la producción es decir se produce sin realizar pronósticos ni estudios de la posible demanda, conocido como **Just in case** (“por si acaso”), además, existe un déficit en la comunicación con los clientes, falta de pronósticos de venta y un enfoque optimista de las mismas.

3.4.2 Sobreinventario.

El sobre inventario es el almacenamiento excesivo de materia prima, piezas o partes, producto final, es decir cantidad innecesaria para satisfacer la demanda del cliente.

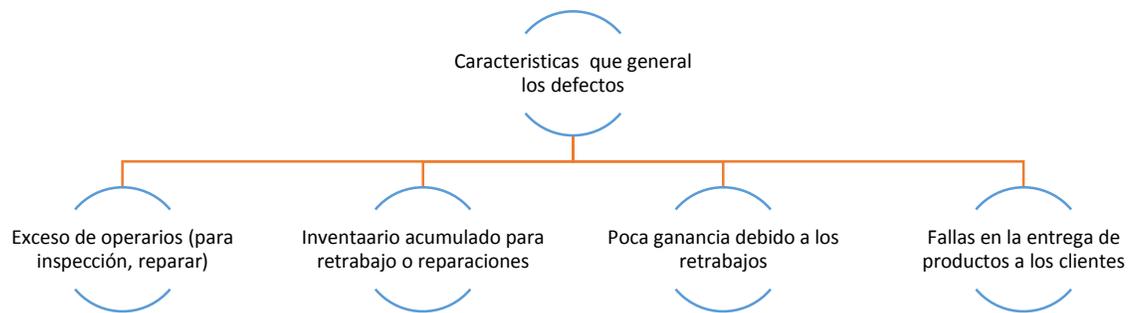
Por lo general un inventario se genera en el momento que el pronóstico de la demanda esperada es errónea, no existe confianza en el funcionamiento de las máquinas, se ignora la capacidad real de producción, producir de acuerdo a la capacidad máxima de los equipo o máquinas.

El sobre inventario genera impactos negativos en las empresas, ya que comienzan a generar nuevos rubros (costos) por cubrir, como son los costos de transporte, costos por productos dañados ya que sobrepasa el tiempo de almacenaje y no se aplica el concepto “FIFO” (primero que entra, primero que sale), costos de mano de obra, entre otros.

3.4.3 Productos defectuosos:

Básicamente se enfoca en los recursos (materia prima, tiempo, máquinas) que se emplean para producir productos defectuosos. Dentro de productos defectuosos se considera los re-trabajos, a pesar de que puede recuperar el producto final se tiene que invertir más tiempo, materiales, repetir tareas, incrementando así los gastos y la pérdida de los recursos de la empresas.

Existen características que generan defectos, los más importantes y notorios se plasma en el mapa conceptual 2.



*Mapa conceptual 2 Características que generan los defectos
Información obtenida de (Soccini, 2008)
Elaborado por: Autor*

Por lo general los defectos y re-trabajos que se dan en una empresa es por falta de control en los procesos, errores de los operarios, déficit en capacitación, falta de cultura y liderazgo en la calidad, no se realiza un análisis causa raíz para encontrar en donde se genera los problemas.

3.4.4. Transporte de materiales y herramientas.

El desperdicio en el transporte de materiales y herramientas consiste en todos aquellos movimientos de materiales innecesarios que no agregan valor al sistema productivo, de hecho estos movimientos generan un costo adicional.

Los costos que se puede generar están en la adquisición excesiva de los montacargas que se necesita para transportar el material de un lugar a otro, infraestructura para la

colocación de bandas transportadoras, exceso de rack (estantes), mal control de inventarios, excesivo número de personal para el traslado de materiales.

3.4.5. Procesos innecesarios:

Son aquellos procesos que no agregan valor al producto o servicio, por ello es necesario eliminar, combinar, reducir o simplificar dichas actividades (ECRS)

Las características clave de los procesos innecesarios es la presencia de cuellos de botella en los procesos, falta de especificaciones claras por parte del cliente, información excesiva, es decir documentos que no son de utilidad.

3.4.6. Espera:

Hace referencia al tiempo que se pierde cuando el operador y la máquina se encuentran sin realizar sus funciones por la espera de materiales, incluso se toma en cuenta el tiempo que el operador espera que la máquina finalice su trabajo o cuando la máquina espera que el operador haga algún tipo de ajuste para arrancar con sus actividades, toda esta descripción implica tiempo perdido que no agrega valor, además, de ser el error más común en las industrias (Soccini, 2008)

3.4.7. Movimientos innecesarios del trabajador.

Hace referencia al traslado del personal de un punto a otro en su lugar de trabajo sin que este movimiento agregue valor al producto final, si se hace un seguimiento a los operadores se puede identificar con facilidad este tipo de desperdicios, otro desperdicio común que se puede observar son los movimientos que realizan para la búsqueda de las herramientas, materiales o información.

Las características de los movimientos innecesarios del trabajo son el empleo de tiempo en localizar los materiales y herramientas, localizar personas e instrucciones para realizar sus actividades. (Hermánadez Matías & Antonio, 2013)

Algunas de las causas de los movimiento innecesarios del trabajador radica en una mala distribución de la planta, métodos de trabajo no definidos, poco control de la producción.

3.4.8. Otros tipos de desperdicios:

Adicional de los 7 grupos de desperdicios que se habló en este capítulo, existen otros tipos de desperdicios que pueden ser detectadas en las empresas tanto de industriales como de servicios, entre ellas tenemos:

1. **Desperdicio de energía:** cuando se habla de energía, está abarca: electricidad, combustible o vapor, es común que toda empresa pierda o desperdicia este tipo de energía ya que sus instalaciones son obsoletas o tienen fallas ya que no se ha dado el mantenimiento adecuado al sistema de distribución de energía.
2. **Mala administración financiera:** es de vital importancia manejar indicadores financieros, administrativos y operaciones no solo para cumplir con los requisitos que pide un estado, o dueños de la empresa, si no para una adecuada toma de decisiones.
3. **Gastos innecesarios por falta de liderazgo y control:** Según Luis Socconini por falta de liderazgo se puede generar un desaprovechamiento total del talento de los trabajadores, y recursos. Una característica de este gasto es cuando el personal no tiene definido su puesto, mala selección de colaboradores.
4. **Desperdicio en el diseño:** una característica básica de este tipo de desperdicio son la cantidad de cambios que tiene el producto cuando este se está produciendo,

o procesos complicados para poder llegar al diseño establecido. La causa de este tipo de desperdicio es que solo se da importancia a la apariencia visual y no se piensa en cómo se va a fabricar dicha pieza o producto final.

5. **Mala comunicación:** se puede generar porque existe una mala relación entre trabajadores, y los de la alta dirección, además de una ineficiencia en los medios de comunicación.

6. **Desperdicios de talento humano:** cuando no se sabe aprovechar la experiencia de los trabajadores, no se escucha las ideas que estos aportan. Por lo general dichas ideas llegan a obtener mayor ganancias.

7. **Políticas erróneas u obsoletas:** está es un oportunidad más grande y menos costosa para la mejora de la empresa ya que al revisar las políticas de la empresa se evita que estas se vuelvan obsoletas o limiten la productividad (Soccini, 2008).

3.5. Herramientas de Lean Manufacturing

Lean manufacturing se basa en la aplicación de un gran número de herramientas (técnicas), las mismas que han sido implementado en pequeñas y grandes empresas, y para diferentes ámbitos, manufactura o servicios.

Existen técnicas diferentes para cada una de las necesidades que tenga una empresa; para saber qué tipo de herramienta es idónea para la empresa, se debe basar en un análisis situacional de la empresa (revisar capítulo 2).

El número de técnicas es muy elevado y los expertos en la materia no llegar a un acuerdo al momento de identificarlas, clasificarlas y proponer su ámbito de aplicación. En muchos

casos hay un falso debate, entre si pertenecen al área de la Calidad Total, al JIT o a las nuevas técnicas organizativas. (Hermánadez Matías & Antonio, 2013)

Entre las herramientas más comunes tenemos:

- 5´s
- Cambio rápido de herramientas SMED
- Estandarización
- Control visual
- Jidoka
- Técnica de calidad
- Sistema de participación
- Heijunka
- Kanban
- Mantenimiento productivo total
- VSM

De acuerdo al análisis situacional que se realizó en el capítulo 2 las herramientas idóneas para combatir las falencias que tiene la empresa Angara son: 4´s, VSM, Kanban, celdas de manufactura.

Para comprender de mejor manera porque las herramientas mencionadas son las más adecuadas se considera establecer conceptos claros.

3.5.1 4´s

La herramienta 4´s corresponde con la aplicación sistemática de los principios de orden y limpiezas, el acrónimo proviene del vocablo japonés que corresponden a las palabras “Seiri” (clasificar), “Seiton” (Orden), “Seiso” (Limpieza), “Seiketsu” (Estandarización).

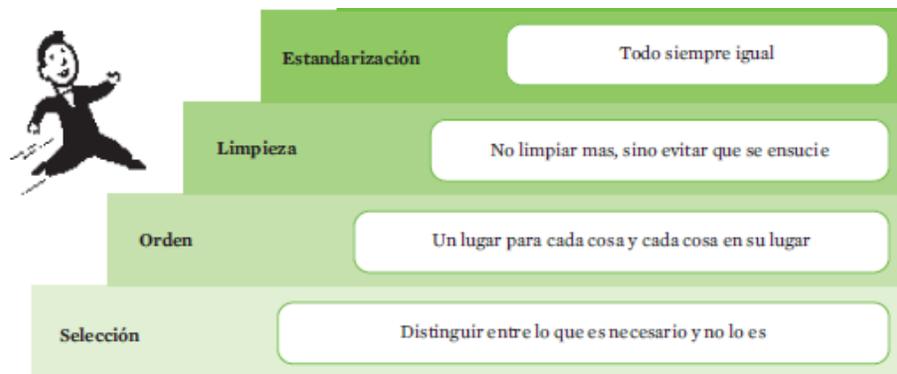
Aunque ya existe la implementación de dicha herramienta en algunas empresas, pero no es conocida de manera formal y poco metódica, el obtenido de la

utilización de dicha herramienta es para mantener en orden y en control todas las áreas de una empresa bien sea desde el área productiva hasta el área administrativa.

Las 4's es un técnica que se ha implementado en empresas ubicadas alrededor del mundo, teniendo como consecuencia buenos resultados ya que es una herramienta sencilla y efectiva, lo que podría complicar la implementación de dicha herramienta es la cultura del personal, pero con una capacitación y socialización de los resultados y beneficios que se puede obtener se puede llegar al personal para lograr cambiar la cultura.

Cuando se piensa en adoptar la filosofía Lean Manufacturing en una empresa la primera herramienta a implementar son las 4's ya que producen resultados tangibles y cuantificables para todos, con gran componente visual y de alto impacto en corto tiempo (Juan Carlos & Idoipe, 2013).

Los principios básicos de 4's:



*Ilustración 10 Principios básicos de las 4's en cuatro fases
Fuente y autor: (Juan Carlos & Idoipe, 2013)*

En la ilustración 10 se puede observar los principios básicos de las 4's los cuales se desarrollan en 4 sencillos pasos o fases, para conocer a profundidad cada uno de los principios se detallará cada uno de ellos:

- Seiri:

Palabra japonés que en español significa clasificar o seleccionar, es decir clasificar los elementos necesario y desechar lo incensario (no relevante), el método de clasificación se basa en la importancia y la frecuencia de uso, entonces, lo de mayor importancia (mayor ponderación) debe estar más cerca del personal y lo que no es importante de debe retirar (Rajadell & J., 2010)

- Seiton:

Que significa “Orden”, es decir ordenar lo clasificado en donde se pueda encontrar con facilidad cada elemento, y para ello se debe asignar un lugar específico para cada cosa:

Orden: un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar

- Seiso (limpieza):

Limpiar el área de trabajo y de esta manera evitamos accidentes, perdidas de elementos, incremento de eficiencia. Se debe capacitar al personal para que se considere como una tarea de inspección necesaria.

Considere que se debe limpiar para inspeccionar, inspeccionar para detectar, detectar para corregir, por ello se debe insistir al personal durante el proceso de limpieza encuentra algún tipo de irregularidad, se debe identificar las causas para poder desarrollar un plan de acción.

- Seikeetsu (estandarización)

Esta fase permite consolidar las metas una vez implementado el seiri, seiton y seiso, ya que facilita a la sistematización.

La estandarización se conoce como un método para establecer procedimientos, de esta manera de convierte aún más fácil desarrollar las actividades designadas al personal, existe variedad de métodos para la estandarización, bien sea documentos escritos, fotografías entre otras, aunque

la mayoría de expertos en el tema considera que la mejor forma de presentar la estandarización al personal es mediante dibujos, gráficos o fotografías. Entonces, para llegar poder llegar al éxito de las 4's se debe elaborar y cumplir estándares de limpieza y verificar que se estén cumpliendo de manera correcta, vender la idea al personal sobre la importancia de implementar los estándares para tener como resultado la eficiencia en los puestos de trabajo.

Para facilitar la comprensión de la herramienta “4’s” Kaizen *Institute* nos presenta la siguiente tabla:

Tabla 4 Resumen de la técnica 4's
Fuente: Kaizen Institute

SEIRI Separar y eliminar	SEITON Arreglar e identificar	SEIDO Proceso diario de limpieza	SEIKETSU Seguimiento de los primeros 3 pasos, asegurar un ambiente seguro
Separar los artículos necesarios de los no necesarios	Identificar los artículos necesarios	Limpiar cuando se ensucia	Definir métodos de orden y limpieza
Dejar solo los artículos necesarios en el lugar de trabajo	Marcar áreas en el suelo para elementos y actividades	Limpiar periódicamente	Aplicar el método general en todos los puestos de trabajo
Eliminar los elementos no necesarios	Poner todos los artículos en su lugar definido	Limpiar sistemáticamente	Desarrollar un estándar específico por puesto de trabajo
Verificar periódicamente que no haya elementos no necesarios	Verificar que haya “un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”	Verificar sistemáticamente la limpieza de los puestos de trabajo	Verificar que exista un estándar actualizado en cada puesto de trabajo

Como se puede observar en la tabla 4 “resumen de la técnica 4’s”, obtenida de Kaizen Institute, los pasos o como se debería actuar para cada una de las técnicas para facilitar la implementación y obtener resultados positivos.

Para el presente trabajo se dará pautas para el inicio de la última S (estandarización).

3.5.2 Kanban

Kanban inició como un ensayo en el trabajo de maquinado y montaje en el año de 1952, después de 10 años aproximadamente Toyota implementó dicha herramienta en sus plantas.

Después de que la implementación de Kanban en las plantas de Toyota tuvo un éxito total, Onho invito a los subcontratistas a dar un recorrido por la planta de Toyota para que puedan observar la implementación de dicha herramienta y de esta manera proporcionarla a los subcontratistas.

Kanban significa letrero o etiquetas que se utiliza como medio de comunicación en el sistema, la belleza de este sistema es que Kanban coordina influjo de partes y componentes a la línea de montaje o el cualquier sistema productivos minimizando los procesos (Imai, 2004)

Para comprender de mejor manera la herramienta “Kanban” se lo puede definir como un sistema de control y programación vinculada con la producción mediante tarjeteo.

Kanban se ha convertido en la principal herramienta para garantizar calidad y la producción necesaria en el momento indicado.

3.5.3. Celdas de manufactura

El objetivo de las celdas de manufactura es mejorar la producción haciendo fluir la producción de manera ininterrumpida entre cada operación, reduciendo de manera notable el lead time (tiempo de espera), aprovechando en la polifuncionalidad y habilidades del personal de tal manera que se genere las condiciones necesarias para que un operador pueda hacer varias operaciones con el menor número de desplazamientos.

Los diseños que cumplen los requerimientos de JIT se acoge a la forma (física) de “U” debido a que ésta distribución da mayor flexibilidad a la línea de producción.

Es de vital importancia que la implementación de celdas de manufactura se considere como requisito principal para obtener éxito en la implementación de Lean manufacturing.

3.5.4. VSM

VSM por sus siglas en inglés, Value Stream Mapping, también conocido como Mapeo de la Cadena de Valor, es utilizado para conocer minuciosamente el proceso dentro de planta y sobre la cadena de suministro.

El mapeo de valor es un gráfico en el que se representa absolutamente todas las actividades del proceso tanto las que agregan valor como las que sólo agregan costos y tiempo, además permite ver el flujo de información desde la orden hasta la entrega del producto al cliente

El VSM ofrece algunos beneficios, entre ellos: visualiza toda la información necesaria del proceso productivo, ayuda a identificar de manera clara cuales son las actividades que no agregan valor al producto generando costos innecesarios, ayuda a comprender de mejor manera todos los procesos que realiza la empresa, ayuda a entender la relación que existe entre los flujos materia prima y personas.

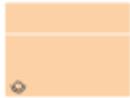
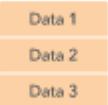
En la actualidad existen conjuntos de símbolos que se usan para representar el VSM, algunos se introdujeron en el escrito publicado en el año 2009 por Lean Enterprise Institute en su escrito “aprende a ver”, a

pesar de lo mencionado, los símbolos del mapeo de valor no se encuentran estandarizados ya que existen símbolos que los usuarios consideran que no son los más indicados para representar el VSM de su empresa, por lo que existe la posibilidad de modificar o crear nuevos símbolos que se adapte de mejor manera, siempre y cuando el equipo de trabajo se encuentre informado y comprenda el símbolo que se esté utilizando.

A continuación se mostrará los símbolos más comunes utilizados para representar el mapeo de valor:

Símbolos de proceso de VSM:

Tabla 5 Símbolos de proceso de VSM

Símbolo	Nombre	Descripción
	Cliente / Proveedor	Si se localiza en la parte superior izquierda representa al proveedor, pero si se ubica en la esquina superior derecha representa al cliente
	Flujo de proceso	Representa los procesos, departamentos o actividades importantes
	Proceso compartido	Símbolo que representa procesos, operaciones que se comparte con otros VSM
	Caja de datos / cuadro de información	Se ubica debajo de los íconos que necesitan datos para analizar el

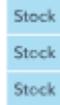
		sistema, además del registro de información como restricciones, capacidad.
	Celda de trabajo	Representa la integración de múltiples procesos integrados es decir celdas de manufactura y familias de productos

Fuente: (Madariaga, 2013) & (Lucidchart, 2017)

Símbolos de materiales de VSM:

Tabla 6 Símbolos de materiales de VSM

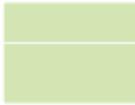
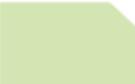
Símbolo	Nombre	Descripción
	Inventario	Documenta el inventario que se genera entre los procesos, también es utilizado para representar el inventario almacenado
	Envíos / flechas de traslado	Simboliza los materiales que se obtienen del proveedor o los productos que deben ser entregados al cliente

	Flecha de empuje	Representa el material que debe ser trasladado de un proceso al otro
	Supermercado	Sirve para anotar los inventarios mínimos requeridos, este símbolo representa un punto Kanban
	Retirada de materiales	Representa la eliminación física del inventario de los supermercados
	Carril FIFO	Lo primero en entrar, lo primero en salir; elimina la entrada de inventario. Para mayor facilidad la capacidad e inventario se detalla debajo del símbolo
	Stock de seguridad / Inventario seguro	Simboliza los inventarios mínimos requeridos
	Envío externo / Transporte	Representa la frecuencia de envíos de los proveedores o clientes

Fuente: (Madariaga, 2013) & (Lucidchart, 2017)

Símbolos de información VSM:

Tabla 7 Símbolos de información VSM

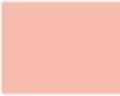
Símbolo	Nombre	Descripción
	Control de producción	Representa el documento que contiene el programa de producción o también conocida como planificación de la producción
	Información Manual	Indica el flujo de información dentro del proceso
	Información electrónica	Representa el flujo de información digital como internet, intranet, es decir toda información generada por computadoras
	Kanban de producción	Simboliza la producción necesaria para suministrar las piezas al siguiente proceso
	Kanban de retirada	Se utiliza como una tarjeta en donde se describe las instrucciones para el operador o el encargado de administrar los materiales para trasladar

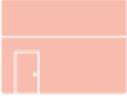
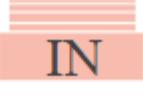
		de un supermercado al proceso
	Kanban de señalización	Señala cuando se necesita realizar otro pedido por lote, también conocido como punto de reorden
	Ubicación de Kanban / Tarjeta Kanban	Representa la ubicación de las tarjetas
	Retirada secuencial / Secuencia de tiro-jala	Simboliza la necesidad de producir unidades sin haber uso del inventario
	Nivelación de carga	Agrupar los Kanban con el fin de nivelar la variedad y volumen de producción
	MRP (planificación de requerimientos de material) / ERP (planificación de los recursos empresariales)	Realiza la planificación mediante un sistema control de inventarios como MRP
	Observaciones	Recolectar información mediante la visualización
	Información verbal	Simboliza el flujo de información que se transmite verbalmente

Fuente: (Madariaga, 2013) & (Lucidchart, 2017)

Símbolos generales del VSM

Tabla 8 Símbolos generales de VSM

Símbolo	Nombre	Descripción
	Estallido Kaizen / Burbuja kaizen de mejora	Detecta y resalta áreas que se encuentren con falencias y de esta manera indica las oportunidades de mejora
	Operador	Representa a un operador
	Información adicional	Información útil para el proceso productivo
	Línea de tiempo	Muestran los tiempos que agregan valor y los que no agregan valor.
	Símbolos de transporte / Transporte en rieles	Representa el material que se transporta mediante rieles
	Montacargas	Representa cuando un material debe moverse y para ello es necesario la utilización de montacargas
	Urgente	Indica la urgencia con que se debe entregar un producto o información
	Viaje de rutina	Simboliza a un producto que deben ser recogido

		por varias ocasiones y con mayor frecuencia para ello lo realizan siguiendo una ruta fija
	Almacén	Representa a un almacén interno o externo es decir bien sea de cliente o proveedores
	Transito directo	Muestra coordinación entre camiones entrantes y salientes
	Pedidos	Simboliza las órdenes de compra o venta
	Teléfono	Representa la existencia de comunicación telefónica
	Kanban por lotes	Muestra las tarjetas kankan enviadas o recibidas por lotes
	Centro de control	Indica el control centralizado del 54anban
	Problemas de calidad	Sirve para identificar cualquier problema de calidad en cualquier punto del VSM
	Solución / Mejoras	Destaca sugerencias, soluciones o ideas para

		mejorar el proceso productivo
--	--	-------------------------------

Fuente: (Madariaga, 2013) & (Lucidchart, 2017)

3.6. Conclusiones:

La filosofía Lean Manufacturing fue desarrollada por la industria del automóvil japonesa, principalmente Toyota, la terminología “Lean” se lo asocia con eliminación de desperdicios, pero se debe entender que este es uno de los tantos beneficios que ofrece el pensamiento Lean Manufacturing.

Lean Manufacturing se define como un proceso continuo que identifica y elimina desperdicios para enfocarse en las actividades que agreguen valor al producto, existen 9 tipos de desperdicios más comunes, tales como: sobreproducción, sobreinventario, productos defectuosos, transporte de materia y herramientas, esperas, movimientos incensarios del operador, desperdicio de talento humano, energía, mala comunicación.

Para poder observar cambios en empresas que han implementado la filosofía Lean es importante que exista una fusión entre participación de todo el personal, conocimiento de las herramientas y cuáles son las ventajas de utilizar las mismas, y sobre todo la cultura del personal para que exista un empoderamiento del uso de la herramientas y la implementación no solo se dé por un determinado tiempo.

La teoría expresa que existen 5 principios de Lean Manufacturing; especificar el valor para los clientes o eliminar desperdicios, identificar el mapa de la cadena de valor o conocido como VSM, fluidez del producto, sistema PULL, mejora continua.

Los japoneses clasifican en 3 grandes limitantes de productividad, los cuales lo denominas las 3 Mu’s por sus nombres en japonés mui, mura, muda, traduciendo a español significa: sobrecarga, variabilidad, desperdicios respectivamente, de esta manera uno de los

principales objetivos de Lean Manufacturing es conocer, detectar y eliminar sistemáticamente todos los desperdicios de la industria.

Para el caso de estudio del taller Angara se enfoca en los desperdicios que tiene el taller, obteniendo como resultado la siguiente tabla en donde aplica o no aplica los desperdicios mencionados para Angara de acuerdo al análisis situacional de la empresa:

Tabla 9 Desperdicios que aplican al taller Angara de acuerdo al análisis situacional

<i>DESPERDICIO</i>	<i>APLICA</i>	<i>NO APLICA</i>
<i>Sobreproducción</i>		X
<i>Inventarios</i>		X
<i>Productos defectuosos</i>	X	
<i>Transporte de materia y herramientas</i>	X	
<i>Procesos innecesarios</i>		X
<i>Esperas</i>	X	

Elaborado por: autor

Para satisfacer las necesidades de la empresa Angara mediante las herramientas de lean manufacturing que mejor se acoplan son 4's, VSM, Kanban, y por último celdas de manufactura.

CAPITULO IV: PROPUESTA DE REESRUCTURACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING

4.1. VSM inicial del producto estrella.

Como se había definido en el capítulo 3, un VSM o también conocido como mapa de valor, es una representación gráfica de elementos e información que ayuda a conocer y documentar el estado actual de un proceso productivo.

Este tipo de documentación es importante para el proceso de reestructuración, ya que permite identificar cuáles son las restricciones para la empresa, en donde se encuentra el valor agregado y en donde se encuentran los desperdicios.

Para poder realizar el VSM actual del taller Angara es necesario contar con la siguiente información:

- Tiempo de montaje (T/M)
- Operarios
- Tiempo de trabajo disponible (T/TD)
- Tamaño de lote a producir (EPE)
- Porcentaje de ocupación (%O)

T/M: tiempo de montaje o conocido como tiempo de cambio, siendo este el tiempo que se demora en cambiar de un producto a otro.

Operarios: número de operadores necesarios para cada proceso productivo

T/TD: tiempo de trabajo disponible, es decir el tiempo disponible por turno.

EPE: tamaño del lote a producir, se puede expresar por el número de unidades o en tiempo

% O: porcentaje de ocupación: es decir el porcentaje de tiempo en que la máquina está desocupada

Adicional a la información mencionada, para el desarrollo del VSM actual es necesario recolectar información del producto estrella, el tiempo de montaje y tiempo de ciclo del mismo, ya que el mapa de valor se enfoca en dicho producto. Cabe recalcar que todos los productos que ofrece Angara al mercado pasan por la misma cantidad de procesos.

Tiempo de montaje (T/AM): 0

Angara no tiene producción en serie de sus productos

Tiempo de ciclo: 287.546h por corrida. (Véase punto 2.4, tabla 2 “Flujograma analítico del proceso de elaboración del producto estrella de la empresa Angara”)

Operarios: para cada actividad del proceso productivo se necesita un operador.

Tiempo de trabajo Disponible: Angara trabaja un solo turno de 8 am a 17h con 1h de almuerzo de lunes a viernes.

T / TD (Tiempo de trabajo disponible): Tiempo total – \sum Tiempos perdidos

$$Tiempo\ total = 9h \times \frac{60min}{1h} \times \frac{60s}{1min}$$

$$Tiempo\ total = 32400\ s$$

Para los tiempos perdidos o muertos que se tienen en el proceso productivo se considera los movimientos incensarios, alimentación, pausas en el proceso productivo por las necesidades del operador.

Para ello se desarrolla una tabla en el que se detalla el total de tiempos perdidos de acuerdo al estudio de tiempos y movimientos en un día normal laborable:

Tabla 10 Tiempos muertos en un día normal de producción

<i>Movimiento</i>	<i>Tiempo total (minutos)</i>
<i>Necesidades del operador</i>	15
<i>Desplazamiento</i>	15
<i>Beber agua</i>	10
<i>Alimentación</i>	60

Elaborado por: Autor

$$\sum \text{Tiempo perdido} = 60 \text{ min} + 15 \text{ min} + 10 \text{ min} + 15 \text{ min}$$

$$\sum \text{Tiempo perdido} = 100 \text{ min}$$

$$\sum \text{Tiempo perdido} = 100 \text{ min} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}$$

$$\sum \text{Tiempo perdido} = 6000 \text{ s.}$$

$$T/TD = 32400 - 6000$$

$$T/TD = 31800 \text{ s}$$

Tamaño de lote a producir (EPE): no existe número fijo de tamaño de lote ya que depende del pedido que haga el cliente.

% de ocupación: una vez que Angara tenga el pedido del cliente, las máquinas trabajan un tiempo disponible de 9 h, por lo tanto:

$$\% O: \frac{9 h \times 100\%}{24}$$

$$\% O : 38\%$$

Otros datos importantes para poder crear VSM son:

- *L/T* : Tiempo perdido
- *V/A* : Valor agregado

Para mayor facilidad en el desarrollo del VSM actual de la empresa Angara, se asignará un código a cada proceso, como se muestra en la siguiente tabla:

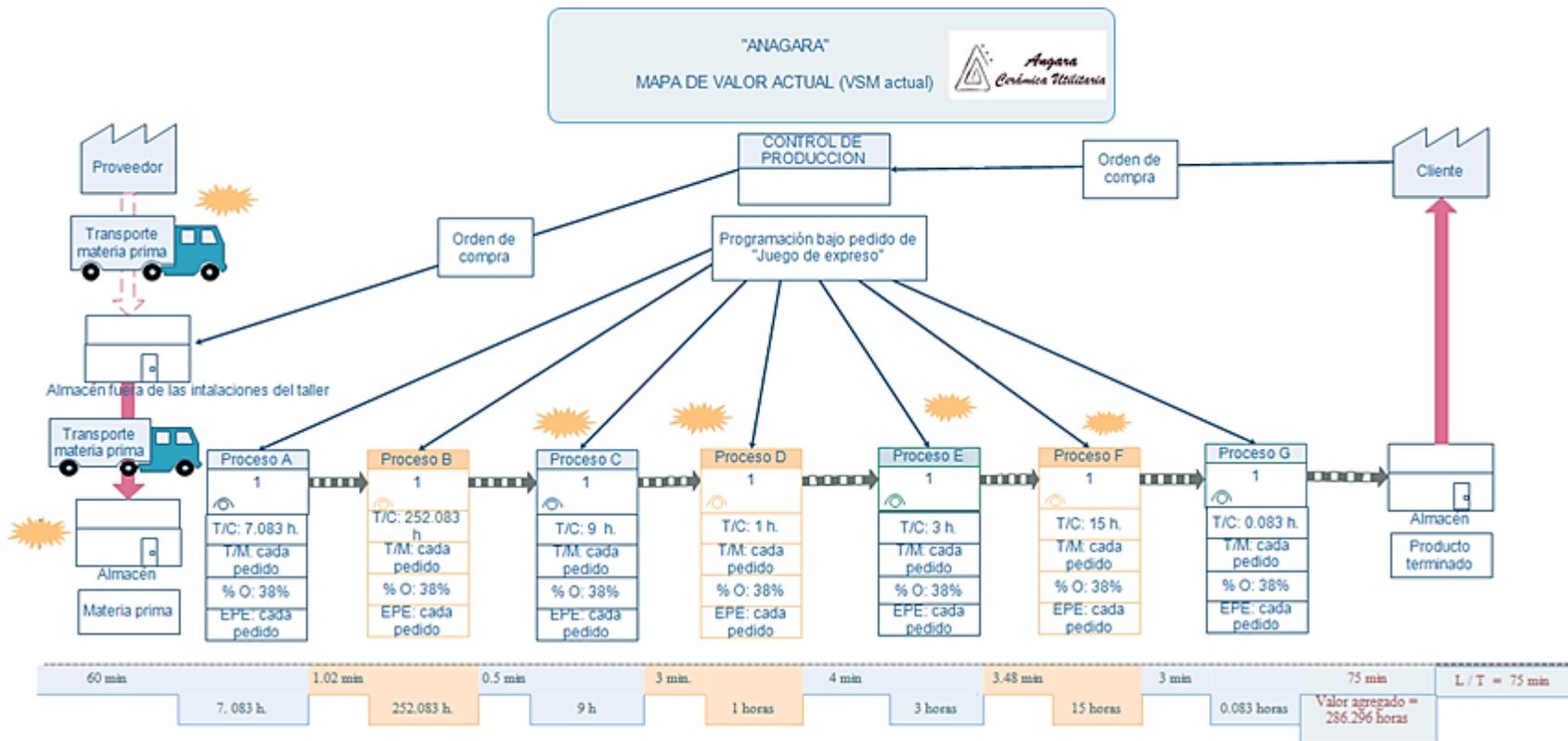
Tabla 11 Codificación de los procesos de Angara

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> PROCESOS DEL TALLER ANGARA  </div>		
Actividad	Proceso	Código de proceso
Preparación de la barbotina	Preparado	Proceso A
Inspección de barbotina		
Vertido de barbotina en moldes de yeso	Colocado	Proceso B
Control de espesor de la cerámica y solidificación		
Reposo de la pieza fuera del molde		

Eliminación de rebaba		
Secado de la pieza		
Pulido de la pieza		
Secado de la pieza	Quemado y Pulido	Proceso C
Primera quema		
Enfriamiento de las piezas		
Pintado de piezas	Pintado	Proceso D
Decoración de acuerdo a la especificación del cliente	Decorado	Proceso E
Segunda quema	Quemado	Proceso F
Enfriamiento de las piezas cerámicas		
Empaquetado	Empaquetado	Proceso G

Elaborado por: Autor

Una vez obtenida información de la empresa a continuación se presenta el VSM actual de Angara para el producto estrella “Juego de expreso”



Etiqueta:

El pedido de materia prima se realiza una vez al año, debido a que el proveedor de Angara recibe pedidos mínimo de 1 tonelada, siendo esta la cantidad suficiente para cubrir la producción de un año.

Ilustración 11 VSM actual de Angara
Elaborado por: Autor

Una vez desarrollado el VSM actual de la empresa Angara se identifica el tiempo que agrega valor al producto que ofrece al mercado es de 286.296 h, considerara que el proceso productivo es 100% artesanal, mientras que el tiempo perdido en la fabricación de la vajilla es de 60 min por motivo de transporte de materia prima de la bodega principal a la pequeña bodega ubicada dentro de las instalaciones del taller para su respectivo abastecimiento y los movimientos innecesarios que el operador tiene que realizar para poder moverse de una área a otra y la repetitividad de los mismos.

Se encontraron posibles mejoras en:

Bodega principal de abastecimiento de materia prima que se encuentra fuera de las instalaciones, debido que en el taller no cuenta con el espacio físico suficiente, de esta manera se combate el desperdicio de transporte de material.

Pequeño almacén que está ubicado en las instalaciones del taller.

Los procesos C, D, E, F, disminuyendo tiempos de los mismos, reduciendo desperdicio de espera.

Movimientos innecesarios dentro del proceso productivo, atacando a los desperdicios de productos defectuosos, transporte de material

4.2. Propuesta de layout.

Como se analizó en el capítulo 1, en el punto 1.5 - layout actual de la empresa Angara-, no dispone de una buena distribución por lo que se realiza la siguiente propuesta:

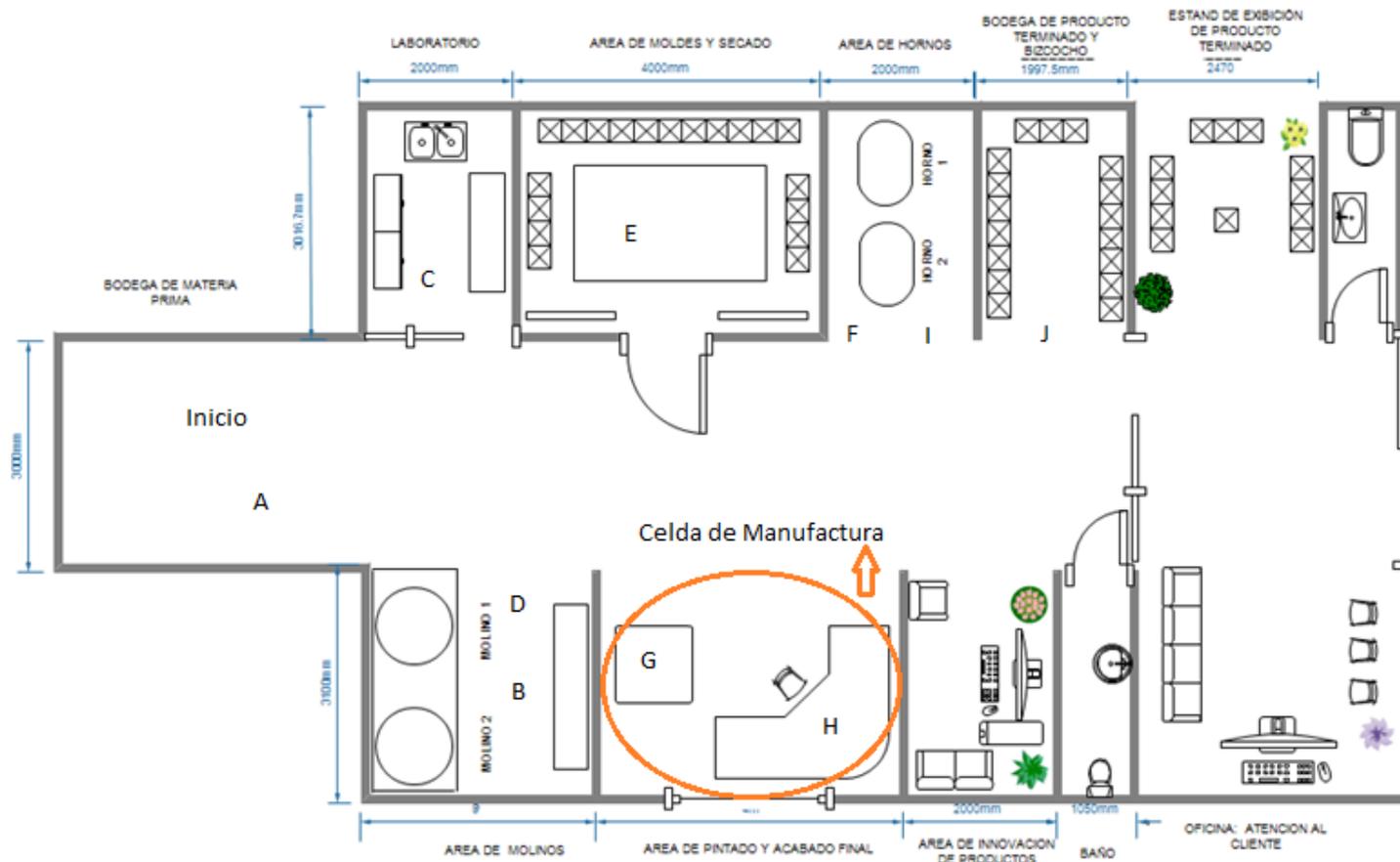


Ilustración 12 Propuesta de Layout
Elaborado por: Autor

Para mayor facilidad de comprensión en la propuesta del nuevo flujo de producción se etiqueta en orden cada proceso con una letra del abecedario para seguir la secuencia de la producción de vajilla utilitaria, adicional se identifica la celda de manufactura en donde se realizan dos procesos, pintado base y decoración de las piezas, en un mismo lugar, es decir en el área identificado como “área de pintado y acabado final”; donde se elimina el tiempo de traslado de las piezas (observar en el punto 4.4.)

4.3. Propuesta de las herramientas de Lean Manufacturing de acuerdo a las necesidades del taller artesanal obtenido en el análisis situacional de la empresa.

De acuerdo a la tabla (5) las herramientas que se deberán utilizar para la mejora del proceso son:

- 4's para mantener el orden y limpieza de las áreas y así evitar los movimientos innecesarios y pautas para el inicio de la estandarización.
- Para eliminar procesos innecesarios se utilizará VSM e identificar las oportunidades de mejora en el proceso.
- Para llevar un control adecuado de materia prima y barbotina elaborada se utilizará Kanban.
- Celdas de manufactura para la optimización del uso de recursos.

A continuación se realiza una breve explicación de estas herramientas:

4.3.1. 4's para la nueva nave industrial de Angara:

- Clasificar (Seiri)

Toda herramienta que se utilice dentro del proceso productivo de la empresa debe ser clasificada de acuerdo a la frecuencia de uso, siendo las más utilizadas al alcance del operador, y las de menor frecuencia sean almacenados en bodega.

- Ordenar (Seiton)

Herramientas pequeñas como pinceles que son utilizados con mayor frecuencia se debe tener asignado un espacio específico dentro de la celda de manufactura, para que el operador no pierda tiempo en la búsqueda de las herramientas de trabajo.

- Limpiar (Seiso)

Cualquier tipo de objeto que no se utilice en el sistema productivo debe ser apartado o eliminado del área de trabajo, así se gana espacio para trabajar con mayor comodidad; las ayudas visuales serán un método adecuado para que el operador comprenda como se debe mantener el sitio de trabajo.

- Estandarizar (Seiketsu)

Este punto es el más complicado dentro de las 4's que se propone para el taller Angara ya que es necesario que exista un cambio de la cultura de los operadores para mantener las herramientas en práctica, para ello se recomienda fijar políticas y normas para garantizar el cumplimiento de las 4's. Según la teoría dentro de la estandarización se considera la delimitación de espacio mediante líneas de colores, letreros de advertencia, prohibición, obligatoriedad y de salvamento que serán colocados en la planta, de esta manera se dará las pautas para el inicio de la estandarización, a continuación se presentará una tabla con los diferentes colores de seguridad, significado y sus indicaciones:

Tabla 12 Cuadro de identificación por colores de seguridad

Cuadro de identificación por colores de seguridad

Color de seguridad	Definición	Indicaciones
 Amarillo	Advertencia de peligro Delimitación de área	Atención y precaución
 Rojo	Prohibición Sistema de combate de incendios	Compartimientos peligrosos. Identificación y localización
 Azul	Obligación	Compartimiento específico, obligación del uso de equipos de protección individual (EPI)
 Verde	Salvamento	Puertas y salidas

En cuanto a los letreros de advertencia que se utilizarán dentro de la planta de Angara son:

- Letreros de prohibición: prohíbe una acción susceptible de provocar un riesgo



- Letreros de advertencia:



ATENCIÓN
Riesgo de
tropezar

- Letreros obligación: descripción de una acción obligatoria



OBLIGATORIO
colocar las
herramientas en
su lugar



OBLIGATORIO
usar mandil



OBLIGATORIO
conservar limpia
la maquinaria

- Letreros equipos de lucha contra incendios: proporciona información para casos de emergencia



EXTINTOR

- Letreros de salvamento o referentes a condiciones seguras:



SALIDA



BOTIQUÍN

Existen colores para marcaje de piso como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 13 Cuadro de identificación por colores para señalización de pisos

Cuadro de identificación por colores para la señalización de pisos	
Color de seguridad	Limita:
Amarillo	Celdas de trabajo, pasillos
Azul, verde	Materia prima, producto terminado y en proceso
Anaranjado	Materia prima o productos para inspección
Rojo	Zona para productos

(Brady, 2014)

La propuesta del layout para Angara que incluye letreros de seguridad y delimitación de piso con colores de seguridad es la siguiente:

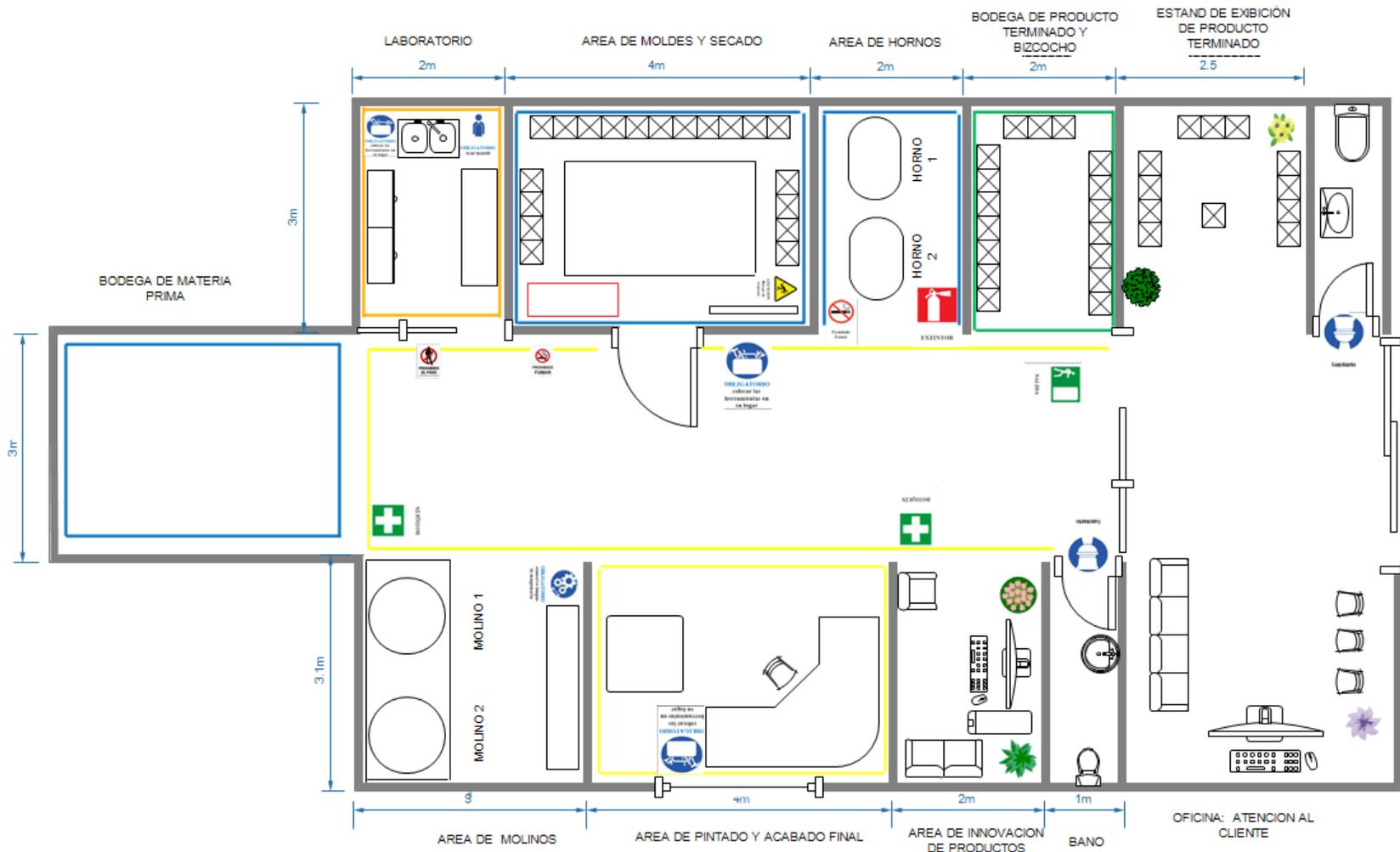
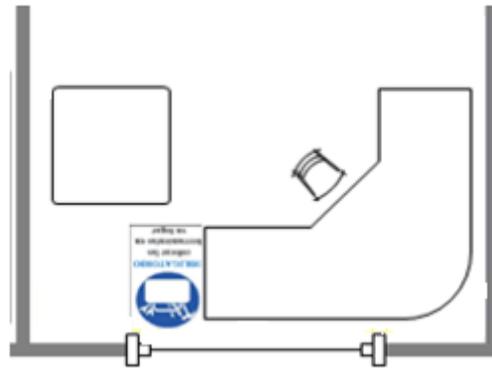


Ilustración 13 Propuesta de layout con letreros y delimitación del piso con colores de seguridad
Elaborado por: Autor

4.3.2. Celdas de manufactura:

El objetivo de crear una celda de manufactura es eliminar el tiempo que se obtienen por el traslado de las piezas del área de pintado base al área de acabado final y disminución de los movimientos del operador para realizar las actividades decorativas del producto, teniendo como resultado la reducción de 4.17 minutos, adicional se disminuye los productos no conformes por causa de daños por traslado de piezas de una área a otra.



4.3.3. Kanban

Para calcular el número de kanban necesario en el proceso, se basará en el cumplimiento de materiales de acuerdo con el tiempo de entrega el mismo que será obtenido del VSM, adicional es necesario tener conocimientos de la demanda del producto estrella para ello sea considera un histórico de 1 año calendario, teniendo la siguiente información:

Tabla 14 Histórico de ventas de un año del producto estrella

Mes	Demanda (# de juegos)
Enero	20
Febrero	25
Marzo	29
Abril	47
Mayo	26
Junio	21
Julio	28

Agosto	24
Septiembre	10
Octubre	19
Noviembre	84
Diciembre	41
Promedio de la demanda	31
Promedio diario de la demanda	2

La fórmula a utilizar es:

$$\begin{aligned}
 & \text{Número de tarjetas Kanbans requerido} \\
 & \quad \frac{\text{tiempo de entrega del proceso}}{\text{tiempo takt}} \\
 = & \frac{\quad}{(\text{cantidad de juegos o barbotina por kankan} + \text{margen de seguridad})}
 \end{aligned}$$

En donde:

Tiempo de entrega en el proceso: tiempo total de la cadena de valor desde materia prima hasta producto terminado (incluye actividades que agregan y que no agregan valor).

Tiempo takt: tiempo disponible para producir.

Unidades por Kanban: tamaño de lote que representará cada tarjeta.

Margen de seguridad: cantidad de material o piezas que mantenga cierta confianza ante posibles eventualidades.

Para el margen de seguridad se calcula con:

$$SS = (PME - PE) \times DM$$

PME: plazo máximo de entrega del producto suponiendo que existiera retraso.

PE: plazo de entrega normal el producto en circunstancias normales.

DM: demanda media.

$$SS_{barbotina} = (1 \text{ días} - 0.30 \text{ días}) * 50 \text{ kg}$$
$$SS_{barbotina} = 35 \text{ kg/ día}$$

$$SS_{almacen \text{ bizcocho}} = (8 \text{ días} - 6 \text{ días}) * 31 \text{ juegos}$$
$$SS_{almacen \text{ bizcocho}} = 62 \text{ juego / día}$$

El tiempo takt se calcula:

$$\textit{T tiempo takt} = \frac{\textit{tiempo disponible por día}}{\textit{demanda diaria}}$$

$$\textit{T tiempo takt}_{barbotina} = \frac{7.24}{2.1}$$

$$\textit{T tiempo takt}_{barbotina} = 3.45 \text{ horas}$$

$$\textit{T tiempo takt}_{bizcocho} = \frac{7.24}{2}$$

$$\textit{T tiempo takt}_{bizcocho} = 3.62 \text{ horas}$$

Entonces, para el número de kanban requerido tenemos para almacén de bizcocho y materia prima tenemos:

Kanban para almacén de barbotina:

$$\text{Número de tarjetas kanbans requerido}_{\text{barbotina}}: \frac{0.30 \text{ días}}{3.45 \frac{\text{horas}}{\text{kg}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}}}$$

$$\div (1.1 \frac{\text{kg}}{\text{día}} + 35 \frac{\text{kg}}{\text{día}})$$

Número de tarjetas kanbans requerido_{barbotina}: 1 tarjeta

Kanban para almacén de bizcocho:

$$\text{Número de tarjetas kanbans requerido}_{\text{bizcocho}}: \frac{12 \text{ días}}{3.62 \frac{\text{horas}}{\text{juegos}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}}}$$

$$\div (1 \frac{\text{juego}}{\text{kanban}} + 62 \frac{\text{juegos}}{\text{días}})$$

Número de tarjetas kanbans requerido_{bizcocho} = 2 tarjetas

Los formatos recomendados para el kanban son:

- Kanban de retiro de material:

Tabla 15 Kankan de retiro de material

Kanban "Retiro" 
Material / Nombre de la pieza:
Tamaño de lote:
Proceso anterior:
Proceso posterior:

Realizado por: Autor

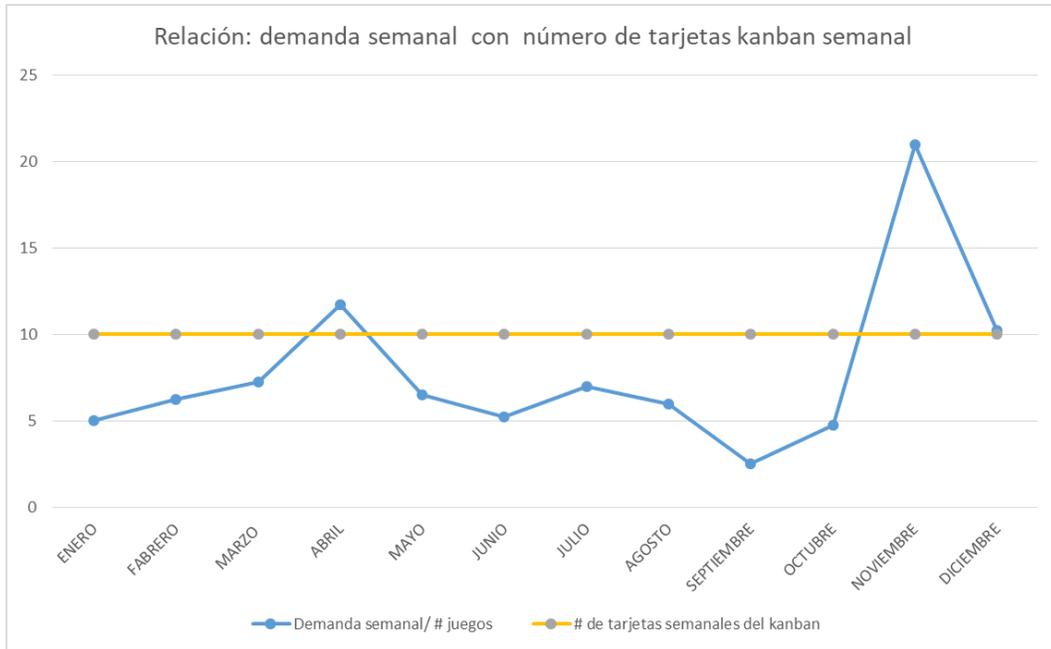
El objetivo de manejar las Kanban es el conocer con exactitud la cantidad de barbotina como de bizcocho que se saca diario de los almacenes respectivos y así poder llevar un conteo exacto de cantidades certeras de inventario que exista en el taller.

Para comprender la relación del número de tarjetas del Kanban con demanda (semanal) del producto estrella se presenta el siguiente cuadro y gráfica:

Tabla 16 Demanda semanal y números de tarjetas semanal del kanban

	Demanda semanal/ # juegos	# de tarjetas semanales del kanban
ENERO	5	10
FABRERO	6.25	10
MARZO	7.25	10
ABRIL	11.75	10
MAYO	6.5	10
JUNIO	5.25	10
JULIO	7	10
AGOSTO	6	10
SEPTIEMBRE	2.5	10
OCTUBRE	4.75	10
NOVIEMBRE	21	10
DICIEMBRE	10.25	10

Con esta información presentada de la demanda semanal del producto estrella se realiza una gráfica de series para observar la relación entre la demanda y número de tarjetas



*Ilustración 14 Relación: demanda semanal con número de tarjetas kanban semanal
Elaborado por: Autor*

En el gráfico de series se observa que el número de tarjetas Kanban semanal es una línea recta, debido que el cálculo arroja un resultado de 2 tarjetas diarias, generando un valor constante en todos los meses, sin embargo la demanda del producto estrella no es estable teniendo variabilidad en los diferentes meses, obteniendo una demanda promedio diría de 1.5583 juegos el mismo que se asume como 2 juegos diarios; debido que lean manufacturing se ajusta a las necesidades de la empresa, se recomienda utilizar el número de tarjetas necesarias de acuerdo a los pedidos en firme que tenga.

4.4. Propuesta de VSM futuro para la empresa Angara

La propuesta de VSM futuro para la empresa Angara muestra cómo sería la situación del taller al implementar 4's, Kanban, reducción de movimientos innecesarios y con la creación de una celda de manufactura.

En la propuesta para el VSM futuro de Angara se puede observar que existe reducción de tiempos en transporte de 75 minutos a 3.52 minutos, esta disminución se da en gran parte por el traslado de bodega de materia prima dentro de las instalaciones del taller, además de la creación de una celda de manufactura se elimina un movimiento innecesario.

Se considera la implementación del sistema kanban para el almacén de bizcocho y de barbotina para un mayor control de inventarios en cada almacén.

El tiempo de ciclo del proceso productivo se reduce de 287.546 horas a 282.426 horas gracias a la mejora de cada actividad del proceso productivo.

4.5. Simulación mediante el uso del software ProModel de la propuesta del nuevo flujo de producción:

Para la simulación del nuevo flujo de producción de la empresa Angara, se utilizará la propuesta de layout como pantalla principal tal como se muestra en la siguiente imagen:

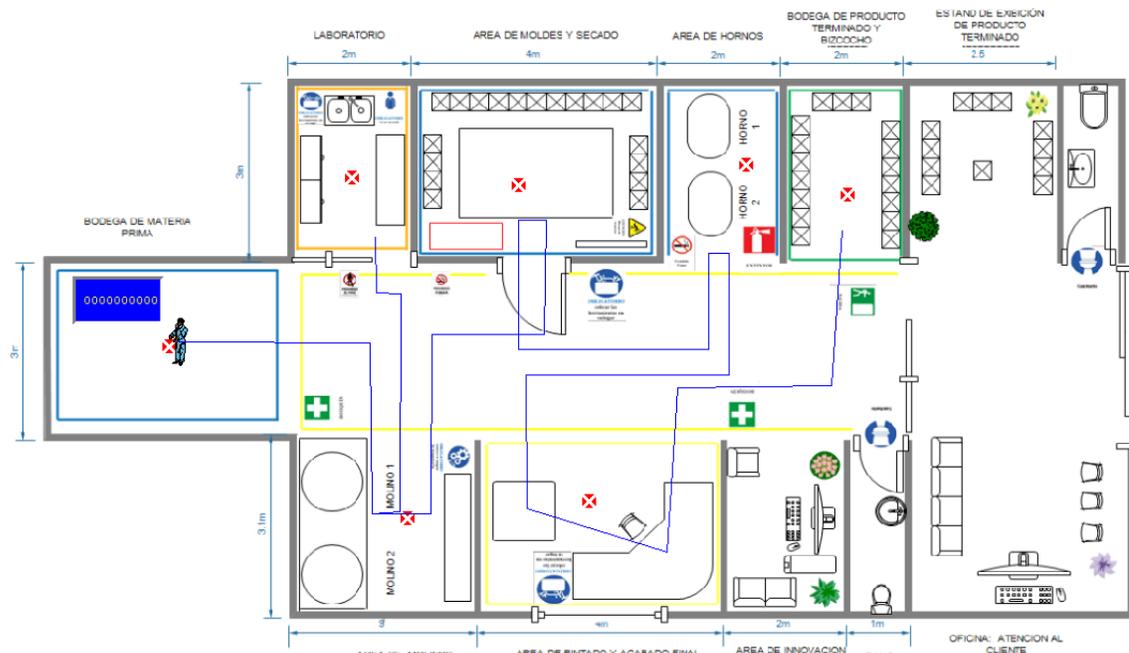
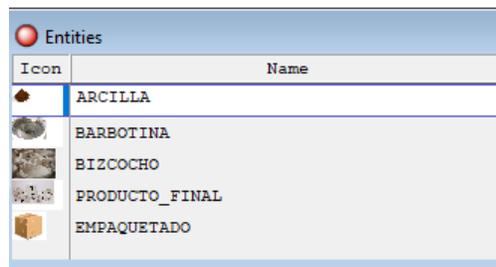


Ilustración 16 Pantalla principal de la simulación

Las unidades que se manejan en bodega son de materia prima se maneja en toneladas, en el área de molinos en kg, en el área de acabado final en piezas; pero en el simulador de promodel se debe trabajar en una misma unidad por lo que se decidió en lotes de producción, es decir un lote de arcilla en bodega y la barbotina que obtiene en el área de molinos representa a 150 piezas.

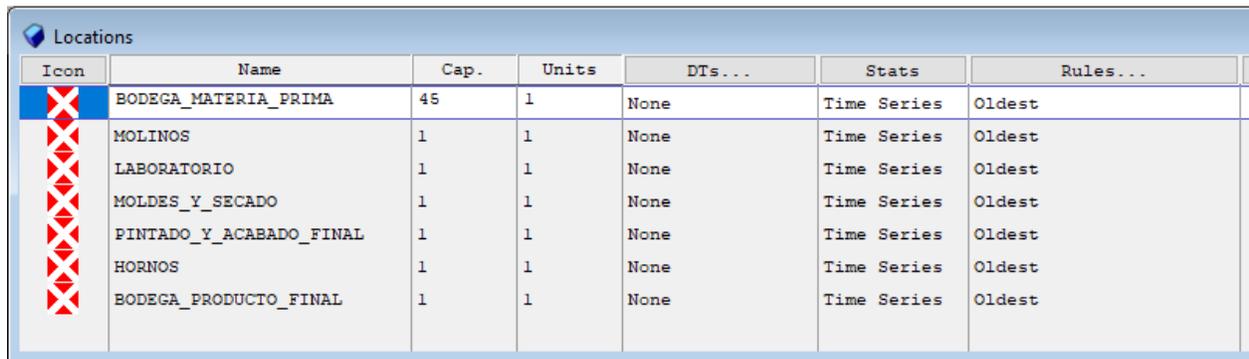
Para las entidades (productos que van a ser transformado), se importaron imágenes que representen a la arcilla, barbotina, bizcocho, producto final y por último el empaquetado



Icon	Name
	ARCILLA
	BARBOTINA
	BIZCOCHO
	PRODUCTO_FINAL
	EMPAQUETADO

Ilustración 17 Entidades utilizadas en la simulación

Se crearon locaciones necesarias de acuerdo al sistema productivo:



Icon	Name	Cap.	Units	DTs...	Stats	Rules...
	BODEGA_MATERIA_PRIMA	45	1	None	Time Series	Oldest
	MOLINOS	1	1	None	Time Series	Oldest
	LABORATORIO	1	1	None	Time Series	Oldest
	MOLDES_Y_SECADO	1	1	None	Time Series	Oldest
	PINTADO_Y_ACABADO_FINAL	1	1	None	Time Series	Oldest
	HORNOS	1	1	None	Time Series	Oldest
	BODEGA_PRODUCTO_FINAL	1	1	None	Time Series	Oldest

Ilustración 18 Locaciones utilizadas en la simulación

En cuanto al tiempo, todo se trabaja en horas ya que los procesos productivos están representadas en dicha unidad de tiempo.

Como se puede observar en la simulación el flujo de producción es continua, eliminando transporte y movimiento innecesarios para el desarrollo del siguiente proceso.

4.6 Conclusiones

Se puede concluir que en la propuesta del nuevo layout se obtiene un flujo de producción continua, evitando distancias largas de traslado de las piezas de cerámica de un lugar a otro.

Las 4's es una herramienta importante dentro de la propuesta del rediseño de sistema productivo, ya que mantiene el área de trabajo limpia y ordenada generando un ambiente adecuado para los colaboradores, además de eliminar movimientos innecesarios como los que se hacen al buscar herramientas de trabajo; dentro de la estandarización se propone los lineamientos iniciales en donde se considera el uso de los colores de seguridad tanto en el piso como en los letreros que se deberán ser colocados en el taller, para que los colaboradores tengan conocimiento en caso de emergencia la ubicación del botiquín o extintor de incendios, y que se debe mantener una área de trabajo limpia y ordenada.

Las tarjetas Kanban ayudan a saber con exactitud el momento y la cantidad de piezas a producir, de esta manera cuando exista un pedido se manda señal (tarjeta Kanban) retiro de material; para ello se realiza los cálculos pertinentes para tener conocimiento del número de tarjetas Kanban diarios que se deben utilizar basados en la demanda del producto estrella, teniendo como una ventaja adicional en el conteo exacto de material existente (bizcocho, barbotina), de esta manera se conoce el inventario de las mismas.

Una vez propuesta la implementación de estas herramientas, en el VSM futuro se puede observar con claridad que se reduce tiempo tanto en transporte como en procesos, de un total de 74.98 minutos a 3.52 minutos en transporte, con la creación de una celda de manufactura para evitar que el operador se mueva de un área de trabajo a otra, y disminuya la cantidad de productos no conformes, el mantener limpia un área de trabajo y en orden las herramientas que se utilizan reduce tiempo de cada proceso, la reducción se da en los procesos D y E respectivamente; de esta manera se disminuye de un total de 287.249 horas a 282.426 horas en el proceso productivo.

Recomendaciones:

- Angara cuenta en la actualidad gran cantidad de moldes de yeso los cuales son utilizados para la formación de la vajilla, el 70% de su totalidad son utilizados con frecuencia y el 30 % de los moldes tienen un tiempo aproximado de 2 años sin uso, por lo que se recomienda ubicar los moldes de acuerdo a la frecuencia de uso, identificar cada uno de ellos mediante códigos y así agilizar y disminuir tiempos por la búsqueda de moldes.
- En el enfriamiento de las piezas tanto en la primera como en la segunda quema se sugiere abrir paulatinamente la tapa de los hornos para que no exista un inmediato desfogue del calor y así se evita “shock” térmico, siendo este en un 90% (proporcionado por el taller Angara) el causante de productos no conformes en este proceso.
- Para disminuir el tiempo de secado de la vajilla, se aconseja construir un ducto en el que reciba el calor de los hornos y sea transportado al área de moldes y secado, de esta manera se reduce de manera significativa el tiempo de ciclo generando una entrega del producto en menor tiempo posible al cliente final, el costo de esta mejora oscila entre \$ 100 y \$150 correspondiente a mano de obra debido ya que Angara cuenta con los materiales necesarios.
- Para el pintado base de la vajilla se recomienda construir una cabina de esmaltación con cortina de agua, de esta manera se disminuye la contaminación del ambiente por concepto de pinturas.
- Para un futuro se recomienda generar políticas con proveedores para evitar grandes cantidades de inventario de materia prima.

Conclusiones generales:

- En el presente trabajo de titulación inicia con una introducción sobre la historia de la empresa Angara, perfil de la empresa, visión y misión, además de conocer como está estructurado el organigrama del taller, en el cual existen 2 operadores de planta y un vendedor; y el planteamiento de una cadena de valor.
- Es necesario un análisis situacional de la empresa para conocer cómo se encuentra en la actualidad el taller Angara, teniendo como resultado un flujo de producción discontinuo, movimientos innecesarios, tiempos elevados por transporte y en los procesos.
- Se realiza una matriz BCG para determinar el producto estrella (juego de expreso) para poder realizar la propuesta de rediseño del sistema productivo.
- Para conocer a profundidad y documentar el proceso productivo fue necesario la aplicación de conocimientos de ingeniería de métodos y gestión por procesos. Para desarrollar procedimiento, y toma de tiempos para la elaboración del flujograma analítico del producto estrella, gracias a la tabla generada por (Campoverde & Espinosa, 2016) ayudó a seleccionar las herramientas que aporta a la mejora de la empresa.
- El marco teórico de herramientas Lean Manufacturing fue necesario para tener conocimiento a profundidad de las herramientas que se consideran para la mejora de la productividad de Angara como es 4's, VSM, Kanban, celdas de manufactura.
- Por último se genera la propuesta de reestructuración del proceso productivo elaborando un VSM actual de la empresa, para ello es necesario conocer porcentaje

de ocupación, tiempo de trabajo disponible, número de operadores para realizar cada proceso, tiempo de ciclo.

Adicional se presenta la propuesta del nuevo layout el cual se utiliza colores de seguridad para ayuda visual de los operadores. Mediante el uso de las 4's se pueden reducir el tiempo de ciclo, movimiento innecesarios, y con el Kanban se podrá llevar un conteo exacto tanto de la barbotina como de bizcocho.

- Este trabajo permitió identificar la factibilidad de la implantación de herramientas Lean Manufacturing con resultados favorables para la empresa.

Bibliografía

- Agudelo Tobón, L. F., Escobar, & Jorge. (2007). Identificación y diseño de procesos. En L. F. Agudelo Tobón, Escobar, & Jorge, *Gestión por procesos* (pág. 41). Colombia : Incotec.
- Agudelo, L. F., & Escobar, J. (2007). *Gestión por procesos* . Colombia: Incotec.
- Andrade Espinoza, S. (2006). *Diccionario de Economía*. Lima: Editorial Andrade.
- Brady. (2014). <http://www.bradylatinamerica.com>. Obtenido de [http://www.bradylatinamerica.com: http://www.bradylatinamerica.com/es-mx/products/cintas-y-etiquetas/gu%C3%ADa-de-colores-para-marcaje-de-piso](http://www.bradylatinamerica.com/es-mx/products/cintas-y-etiquetas/gu%C3%ADa-de-colores-para-marcaje-de-piso)
- Campoverde, L., & Espinosa, G. (2016). Diseño de guía para la implementación de herramientas de Lean Manufacturing en talleres de metalmecánica, caso aplicado "Elecón". En L. Campoverde, & G. Espinosa. Cuenca .
- Coronel, I. (2016). Gestión por procesos . *Definición de procesos* (pág. 12). Cuenca: Universidad del Azuay .
- Coronel, I. (2017). Planeación estratégica: Visión . Cuenca.
- Galindo, M. (2011). *Planeación estratégico: rumbo para al éxito*.
- Hermánadez Matías, J. C., & Antonio, V. I. (2013). Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implementación. Madrid : EOI.
- Imai, M. (2004). Kaizen, La clave de la ventaja competitiva Japonesa. En M. Imai. Mexico: Continental.
- Jones, D., & Womack, J. (1996). Lean Thinking: como utilizar el ensamamiento Lean para eliminar desperdicios y crear valor para la empresa . En D. Jones, & J. Womack. New York : Simon & Schuster Inc .
- Juan Carlos, H. M., & Idoipe, A. V. (2013). Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implementación. Madrid: Fondo Social Europeo.
- Kotler, P. (2001). *Dirección de mercadeo técnico* . Illinois: Person Education.
- Lucidchart. (Noviembre de 2017). Obtenido de <https://www.lucidchart.com/pages/es/iconos-y-s%C3%ADmbolos-de-mapas-de-flujo-de-valor>

- Luis Miguel, M. (2011). Diagramas de flujo: definición, objetivos, ventajas, elaboración, fases, reglas y ejemplos.
- Madariaga, F. (2013). Lean Manufacturing Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos. Bobok Published S.L.
- Porter, M. E. (1985). *Ventajas competitivas: Creación y sostenimiento de un desempeño superior* .
- Rajadell, M., & J., S. (2010). *Lean Manufacturing: la evidencia de una necesidad*. Madrid: Díaz De Santos Albasanz.
- Rajadell, M., & Luis, S. J. (2010). Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad. En M. Rajadell, & J. L. Sánchez, *Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad* (pág. 80). Madrid: Díaz de Santos.
- Soccini, L. (2008). Lean Mnaufacturing paso a paso. En L. Soccini. Mexico: Norma Ediciones S.A. de C.V.
- Vilana, J. (2010). Fundamentos de Lean Manufacturing., (pág. 6).
- Villaseñor, A., & Galindo, E. (2007). Manual de Lean Manufacturing Guía Básica. Monterrey: Tecnológico de Monterrey.