

**MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE PERFORADO PARA LA PRODUCCIÓN  
DE MUEBLES MODULARES EN LA EMPRESA RD**

**ANGELA HOYOS VALENCIA**

**UNIVERSIDAD ICESI  
FACULTAD DE INGENIERIA  
MAESTRIA EN INGENIERIA INDUSTRIAL  
SANTIAGO DE CALI**

**2014**

**MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE PERFORADO PARA LA PRODUCCIÓN  
DE MUEBLES MODULARES EN LA EMPRESA RD**

**Trabajo de grado**

**Maestría en Ingeniería Industrial**

**ASESOR:**

**LEONARDO RIVERA CADAVID**

**MAGISTER EN INGENIERIA INDUSTRIAL**

**PH.D. IN INDUSTRIAL AND SYSTEMS ENGINEERING**

**UNIVERSIDAD ICESI**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**MAESTRIA EN INGENIERIA INDUSTRIAL**

**SANTIAGO DE CALI**

**2014**

## CONTENIDO

	Pág.
1. Glosario .....	5
2. Introducción.....	7
3. Planteamiento.....	8
3.1. Alcances del trabajo de grado.....	12
4. Objetivos .....	13
4.1. Objetivo general .....	13
4.2. Objetivos específicos .....	13
4.3. Alcances del proyecto.....	13
5. Metodología.....	14
6. Marco de referencia.....	16
6.1. Justificación y antecedentes .....	16
6.2. Marco teórico.....	19
6.2.1. Indicadores de gestión.....	19
6.2.2. Lean manufacturing .....	20
6.2.2.1. 5´S .....	20
6.2.2.2. Trabajo estándar .....	21
6.2.2.3. SMED.....	21
6.2.2.4. Jidoka.....	21
6.2.2.5. Pokayoke .....	22
6.2.3. Control visual.....	22
6.2.4. Estudio de tiempos y movimientos.....	23
6.3. Taladros múltiples.....	26
7. Desarrollo del proyecto .....	29
7.1. Diagnóstico del proceso actual.....	29
7.1.1. Problema encontrado: Largos tiempos de alistamiento.....	32
Descripción del puesto de trabajo inicial y oportunidades de mejora.....	34
Descripción de alistamiento en el taladro 11C .....	36
8. Desarrollo de la propuesta.....	47
8.1. Propuesta 1: Rediseño del puesto de trabajo .....	48
8.2 Propuesta 2: Almacenamiento de la información en puesto de trabajo.....	54
8.3 Propuesta 3: Diseño de plantilla para alistamientos. ....	58
9. Presentación y análisis de resultados.....	63
10. Conclusiones.....	70
11. Recomendaciones. ....	72
12. Lecciones aprendidas.....	74
13. Investigaciones futuras.....	75
14. Bibliografía.....	76

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tiempo promedio de actividades para el taladro 11C. ....	11
Tabla 2. Pareto para análisis de sub actividades para el taladro 11C.....	15
Tabla 3: Técnicas para estudio de micro y macro movimientos:.....	24
Tabla 4. Taladros utilizados en el proceso de perforado en la empresa RD.....	31
Tabla 5: Análisis de tiempos y movimientos.....	44
Tabla 6: Diagrama de operador máquina antes de la prueba piloto.....	45
Tabla 7: Resultado en ahorro de tiempo mediante aplicación de prueba.....	63
Tabla 8: Incremento aproximado de unidades producidas por día.....	64
Tabla 9: Diagrama de operador máquina después de la prueba piloto.....	68
Tabla 10:Comparativo de diagrama operador – maquina.....	69

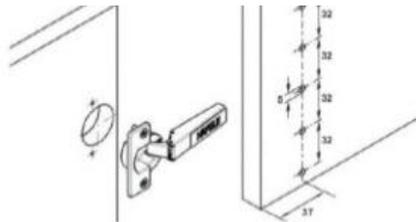
## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Frecuencia de lotes producidos por tamaño en los años 2011 a 2013	9
Figura 2: Diagrama de flujo del proceso de producción	10
Figura 3: Formato para montajes. Taladro 3C	18
Figura 4: Modelo de implementación de Lean Manufacturing	20
Figura 5: Partes relevantes de taladro múltiple	26
Figura 6: Diferenciación de husillos y brocas por color, para taladros múltiples	27
Figura 7: Diferenciación de cabezales verticales y horizontales	28
Figura 8: Taladros utilizados en el proceso de perforado en la empresa RD	29
Figura 9: Husillo y portabroca de un taladro	29
Figura 10: Promedio de horas dedicada a cada tarea en el taladro 7, 9 y 11C	32
Figura 11: Comparación de puesto de trabajo en el 2011 y 2013	34
Figura 12: Oportunidades de mejora para diseño de puesto de trabajo	35
Figura 13: Diagrama de flujo: Alistamiento en taladro 11C	36
Figura 14: Diagrama Spaguetti: Alistamiento en taladro 11C	37
Figura 15: Disposición de información en puesto de trabajo	38
Figura 16: Operación en calculadora para definir cabezales y cabezotes a utilizar	38
Figura 17: Posicionamiento de cabezales y cabezotes	39
Figura 18: Disposición de herramienta para el alistamiento del taladro	39
Figura 19: Acomodación de cabezotes que no serán utilizados en el montaje	40
Figura 20: Disposición de herramienta para el alistamiento del taladro	40
Figura 21: Posicionamiento de brocas en husillos	41
Figura 22: Proceso de perforado sobre pieza de prueba	41
Figura 23: Verificación de distancia entre perforaciones sobre pieza de prueba	42
Figura 24: Verificación de profundidad en perforaciones sobre pieza de prueba	42
Figura 25: Inicio de perforación de lote de producción	43
Figura 26: Alturas recomendadas en los puestos de trabajo	49
Figura 27: Propuesta de estación de trabajo (Taladro 11C)	51
Figura 28: Propuesta de estación de trabajo (Taladro 11C) en contexto	52
Figura 29: Relación de partes propuestas para el puesto de trabajo nuevo	53
Figura 30: Diagrama Causa – efecto: Propuesta 2	55
Figura 31: Propuesta de almacenamiento de la información en la intranet	56
Figura 32: Diagrama de beneficios de Propuesta 2	57
Figura 33: Diagrama para la secuencia de montaje en taladro con plantilla	59
Figura 34: Relación formal de plantilla para alistamiento VS taladro y sus partes	60
Figura 35: Propuesta de plantilla para alistamiento en taladros	61
Figura 36: Ingreso de información en numeradores de taladro múltiple	62

## 1. GLOSARIO

- 1.1.** Sistema 32: Patrón de perforaciones aplicado a los costados verticales o a los frentes de las piezas que componen los muebles RTA. Cada vez es más común que la industria adopte este patrón por las ventajas en velocidad, consistencia, intercambiabilidad y facilidad durante la producción.

Gráfico 5: Ilustración de perforaciones distanciadas a 32 milímetros entre husillo y husillo.



*Fuente:*

*Sistema*

*32*

*(<http://www.disenodelmueble.com/post/19677865462/para-entender-mejor-el-sistema-32-que-es-usado>)*

- 1.2.** Taladro Múltiple: Taladro basado en una serie de husillos ubicados a una distancia, entre centro y centro, de 32 mm, distancia mínima lograda por la maquinaria de esa época y que dio origen a lo que hoy se conoce como Sistema 32, de gran éxito y aceptación al ser usado como base para la fabricación de gran parte de los muebles modulares RTA.
- 1.3.** Husillo: Tipo de tornillo largo utilizado para producir desplazamientos lineales, en uno de sus extremos lleva un engranaje con una polea escalonada que genera el movimiento rotatorio, en el otro extremo, un orificio donde se posiciona el portabroca, y sobre él la broca.
- 1.4.** Cabezal: Es la base del taladro ya que es allí donde se alojan los husillos portabrocas. Generalmente, está fabricado en un monobloque de aluminio que asegura total ausencia de vibraciones, lo cual se traduce en un maquinado de óptima calidad a nivel de acabado y precisión. Los cabezales tienen una determinada capacidad de husillos que giran a gran velocidad, la mitad de ellos hacia la derecha y los restantes hacia la izquierda, esto ocurre porque el motor transmite su potencia a solo uno de los husillos, el cual a su vez, por medio de un piñón helicoidal, transmite el movimiento al husillo subsiguiente y éste al próximo.
- 1.5.** Topes: Los taladros múltiples estándar poseen una guía de referencia dotada de cuatro topes, bien sean mecánicos o neumáticos, que aseguran

un correcto taladrado permitiendo preajustar unas determinadas dimensiones del tablero a trabajar.

- 1.6.** Portabrocas: Tipo de mandril usado en los taladros para sujetar las brocas de cuerpo cilíndrico. Se abren y cierran de forma manual por medio de llaves especiales diseñadas para esta herramienta.



*Fuente: [www.mecanicacescal.wordpress.com/2013/05/24/acoplamiento-para-herramientas-el-mandril-o-portabrocas](http://www.mecanicacescal.wordpress.com/2013/05/24/acoplamiento-para-herramientas-el-mandril-o-portabrocas)*

- 1.7.** Mandril: Tipo de prensa utilizada para sujetar objetos generalmente cilíndricos, como herramientas rotativas.
- 1.8.** Motor: El giro de los portabrocas es asegurado por un motor que genera una potencia que va de los 1.2 hasta los 4.4 caballos de fuerza, dependiendo de la versión, y un sistema de velocidades variable según el tipo de material a taladrar.
- 1.9.** Enchape: Proceso que consiste en adherir una cinta de PVC a los bordes visibles en el mueble con el fin de darle mejor apariencia.
- 1.10.** Cazoleta: Tipo de perforación de 26 o 35mm de diámetro sobre piezas de madera aglomerada para insertar bisagras.
- 1.11.** Grupo de formas: Grupo de fresas y herramientas de las enchapadoras que retira los posibles restos de pegante y redondea los cantos para dejarlos con un acabado agradable al tacto

## **2. INTRODUCCIÓN.**

Los tratados de libre comercio y la entrada de empresas extranjeras al mercado nacional han llevado a que las compañías colombianas busquen diferenciarse de la competencia por medio de factores como calidad, variedad, disponibilidad, servicio e innovación, pues éstas se ven en la necesidad de atraer nuevos clientes y satisfacer a los actuales para garantizar su permanencia en el mercado.

Una consecuencia del comportamiento actual de la demanda y los requerimientos de los clientes que afectan directamente a las empresas de manufactura, es la reducción en el tamaño de los lotes de producción, pues en la actualidad las empresas comercializadoras trabajan con menos inventario con el fin de reducir costos y tener más variedad de productos. Eso lo logran a través de pedidos donde la cantidad de referencias aumenta y el número de productos por cada una de ellas disminuye. Sin embargo, esto se convierte en una dificultad en líneas de producción diseñadas para fabricar muchas unidades de la misma referencia (lotes grandes), ya que los largos tiempos de alistamiento no justifican la producción de pocas piezas.

Satisfacer la demanda bajo los requerimientos y expectativas de cada cliente se puede llevar a cabo mediante la reducción de los precios, la mejora en la calidad y el cumplimiento de las fechas de entrega. Para ello se requiere mejorar los procesos productivos por medio de técnicas que permitan un mayor aprovechamiento del tiempo, la mano de obra y los equipos.

Con base en lo anterior, este estudio buscó analizar los factores que pueden incidir en los altos tiempos improductivos, para generar una propuesta a través de técnicas de mejoramiento de la productividad basadas en el proceso y en el producto, permitiendo que la empresa pueda hacer un mejor uso de sus recursos.

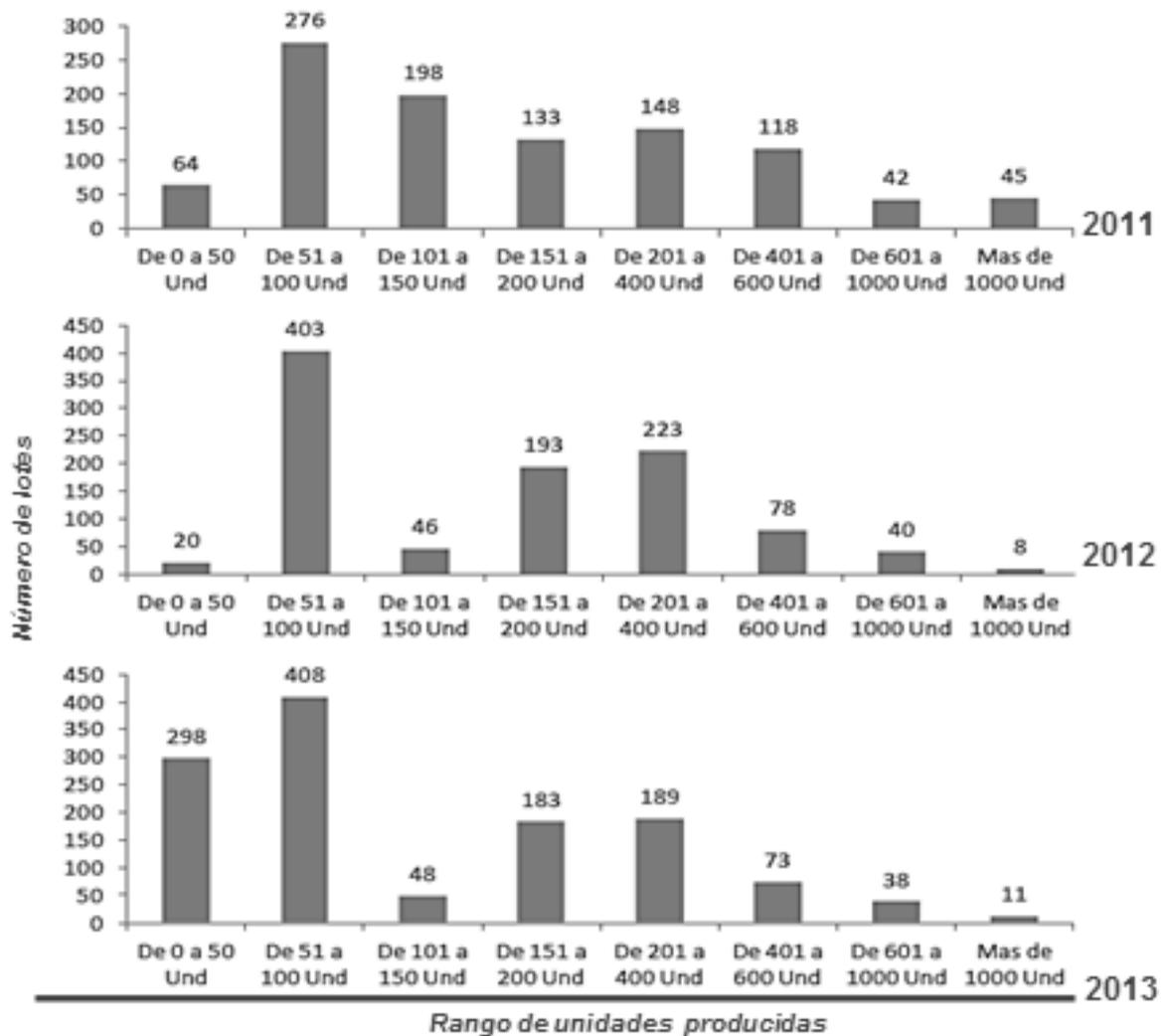
### 3. PLANTEAMIENTO

Durante los últimos tres años, en la organización se ha evidenciado una reducción en el tamaño del lote de pedido, en donde clientes como La 14, Makro, Office depot, Homedepot, Walmart, Chedraui, Falabella, Sodimac, Linio, Corona, Traders, hacen requerimientos con más número de referencias, pero menor cantidad por cada una de ellas. Esto se da como consecuencia al comportamiento global de la demanda, en donde las empresas comercializadoras trabajan con menos inventario para reducir costos y tener más variedad de productos en sus góndolas; esto también es resultado del estricto cumplimiento de las políticas de inventario en la empresa RD, donde la organización solo puede producir lo que las personas del área comercial tienen comprometido con fechas de entrega establecidas.

Para demostrar lo concerniente a los actuales requerimientos de los clientes, se presenta el siguiente ejemplo: Para uno de los clientes principales, hasta hace 2 años los lotes producidos eran en promedio de 400 y 500 unidades por lote, hoy ese mismo cliente hace pedidos con más frecuencia pero las cantidades por lote están entre 20 y 100 unidades máximo.

Se hizo un análisis para los lotes fabricados desde Enero de 2011 hasta Diciembre de 2013. El total de lotes producidos durante los 3 años corresponde a 3283, de los cuales en el 2011 se hicieron 1024; en el 2012, 1011, y para el 2013, 1248 lotes. De las cantidades mencionadas anteriormente, se observa que para los lotes producidos, cuyas cantidades oscilaron entre 1 y 100 unidades, en el año 2011 la participación fue del 33%, en el año 2012 del 41,8% y en el año 2013 del 56%, lo cual denota un incremento en los lotes producidos con cantidades pequeñas (entre 1 y 100 unidades). La figura 1 ilustra lo mencionado anteriormente.

Figura 1: Frecuencia de lotes producidos por tamaño en los años 2011 a 2013

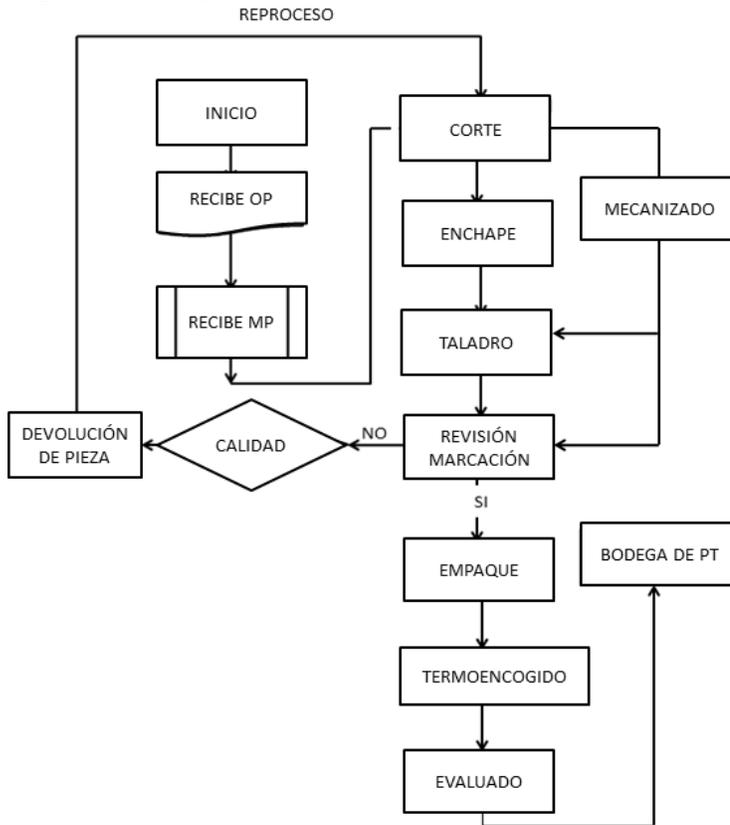


Fuente: Autora del proyecto.

Después de analizar la variación que se ha presentado en el tamaño de los lotes de producción para los últimos 3 años, se hará una descripción del proceso productivo y los principales problemas que se presentan en él.

La empresa RD diseña, produce y comercializa muebles modulares desde hace 11 años. La fabricación de estos muebles requiere de 6 procesos: Corte, enchape, perforado, mecanizado (embisagrado, ranurado y maquinados curvos), ranurado y empaque.

Figura 2: Diagrama de flujo del proceso de producción.



*Fuente: Autora del proyecto.*

Cuando la empresa inició, para el proceso de perforado, únicamente contaba con taladros múltiples, no se tenían equipos CNC. Los procesos de embisagrado y ranurado se hacían en la embisagradora y ranuradora respectivamente. Los maquinados curvos no era posible hacerlos, ya que las máquinas con las que contaba la empresa no permitían hacer este tipo de proceso, los cortes únicamente eran rectos.

Hace 5 años la empresa adquiere un centro de mecanizado o CNC (control numérico computarizado), 2 años más adelante adquiere otro, la embisagradora ya no vuelve a ser utilizada, pues es una máquina que no garantizaba precisión, y por ser manual era muy demorada de operar, por el contrario la ranuradora sigue siendo utilizada, pero apoyada con los CNC, ya que la empresa venía teniendo un crecimiento en sus ventas. Esto aumentó la capacidad en el proceso de perforado, pero en los últimos dos años la empresa adquiere dos enchapadoras lineales de alta tecnología, y los taladros empiezan a convertirse en cuellos de botella para la producción de muebles con piezas que tienen bastantes perforaciones (aquellas piezas que requieren de más de un golpe en un taladro múltiple).

Éste comportamiento que se da como consecuencia de la modificación del layout de la planta, sumado a los aspectos relacionados con la demanda del mercado que se mencionan al inicio de éste capítulo, empieza a generar que los tiempos de alistamiento sean superiores a los de operación, pues por los nuevos requerimientos de la demanda, las cantidades por referencia a producir disminuyen. Ahora, aunque los tiempos de alistamiento se mantienen, el tiempo que se demora fabricar 500 unidades, no es el mismo tiempo que se toma una producción de 20 o 100 unidades.

Un ejemplo claro es el tiempo promedio de alistamiento para el taladro más grande (11C), que toma 40 minutos. Anteriormente era común producir lotes de 2000 unidades, por lo tanto el tiempo de alistamiento para cada pieza en este taladro correspondería a 0,50 segundos, mientras que para un lote de 50 unidades (que es la cantidad que más se ha producido durante el 2013) el tiempo de alistamiento por pieza correspondería a 48 segundos, tiempo superior a lo que toma el procesamiento promedio de una sola pieza que es 7 segundos.

Por medio de la siguiente tabla se puede mostrar claramente el problema de alistamiento que se tiene en el proceso de perforado, pues se evidencia que para el mes de Agosto el tiempo promedio de alistamiento por turno en el taladro 11C (Cabezal) supera al tiempo promedio de operación, y al tener en cuenta otros tiempos como descansos, mantenimiento, aseo y demás, el tiempo de operación de la máquina ni siquiera supera el 50%, si a esto se suma que cada taladro es operado por dos trabajadores, y que la empresa cuenta con 2 taladros más que trabajan bajo condiciones muy similares, el costo en que se incurre por esta falta de productividad es alto.

Tabla 1: Tiempo promedio de actividades para el Taladro 11C, durante el mes de agosto.

P	PERFORADO	3,30	prom de horas x turno
1	ALISTAMIENTO	3,34	prom de horas x turno
2	TRANSPORTE	0,00	prom de horas x turno
3	ASEO	0,24	prom de horas x turno
4	FALTA DE ENERGIA	0,00	prom de horas x turno
5	FALTA DE MP	0,08	prom de horas x turno
6	MANTENIMIENTO	0,00	prom de horas x turno
7	CAPACITACION / REUNION	0,00	prom de horas x turno
8	PERMISO	0,00	prom de horas x turno
9	DESCANSO	0,22	prom de horas x turno
10	PARO POR DAÑO	0,21	prom de horas x turno
11	AYUDANDO EN OTRO PROCESO	0,45	prom de horas x turno
12	VERIFICANDO/BUSCANDO PLANOS	0,04	prom de horas x turno
13	COLABORANDO AL PATINADOR	0,00	prom de horas x turno
<i>El tiempo de alistamiento corresponde al 42,4%, de las 8 horas que dura el turno.</i>			

*Fuente: Autora del proyecto.*

### **3.1. ALCANCES DEL TRABAJO DE GRADO:**

En esta investigación se identificaron las oportunidades de mejora para el proceso de perforado, con el fin de reducir tiempos de alistamiento. Se plantea una propuesta validada con base en lo investigado.

La propuesta consiste en un estudio de tiempos y movimientos, con el fin de mejorar las condiciones del puesto de trabajo por medio de las técnicas 5`S, SMED y control visual. Con base en este estudio se propuso y desarrolló un nuevo puesto de trabajo para hacer pruebas piloto en un taladro múltiple, posterior a ello, se hizo un análisis comparativo de la situación inicial VS la nueva condición de trabajo, donde se evaluaron los tiempos de alistamiento durante un periodo de 1 mes.

## **4. OBJETIVOS Y ALCANCES**

### **4.1. OBJETIVO GENERAL**

Generar una propuesta de rediseño para el método y el puesto de trabajo actual, con el fin de lograr un mayor aprovechamiento del proceso de perforado.

### **4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Analizar el proceso actual de perforado, y definir las técnicas bajo las cuales se propondrá el nuevo método de trabajo.
- b) Diseñar procedimientos de alistamiento de máquina bajo una técnica de mejoramiento, que permitan reducir el tiempo invertido en actividades innecesarias, e incrementar los tiempos de operación.
- c) Proponer un método de trabajo que permita estandarizar los procesos que el operario ejecuta para alistar la máquina.
- d) Validar los métodos propuestos.
- e) Realizar una prueba piloto y compararla con la operación actual, estimando el ahorro en tiempo, en los costos de producción relacionados con MO, y un aproximado de las unidades adicionales que se podrían fabricar gracias a la implementación

*Para el cumplimiento de los objetivos se plantea primero el análisis del proceso en general, por medio de la observación y la toma de tiempos, a partir de ello y gracias a una investigación de campo tipo experimental, se definen algunas herramientas de Lean Manufacturing que gracias a su aplicación permitan reducir el alto tiempo invertido en alistamientos. Se diseñan procedimientos y proponen métodos para ser validados por medio de una prueba piloto que permitirá comparar la situación antes y después de la ejecución de la prueba. Finalmente se evalúa el impacto y se determinan aspectos a mejorar.*

### **4.3. ALCANCES DEL PROYECTO**

Con el desarrollo del proyecto, se busca proponer nuevos métodos de trabajo, que permitan facilitar y agilizar sus operaciones, reduciendo el tiempo dedicado a los alistamientos e incrementando el número de piezas producidas por turno.

## 5. METODOLOGIA

Para el desarrollo del proyecto, la investigación a realizar fue de tipo Campo y Experimental. Los datos iniciales se tomaron directamente del proceso productivo en el que se planteó la mejora, dicha información se recogió en el tercer trimestre del año 2013.

Inicialmente se identificaron las tareas en las que los operarios invertían la mayor parte del tiempo en el montaje de los taladros. Las tres actividades con las puntuaciones más altas son: Determinar cabezotes y husillos a utilizar, Analizar planos para determinar el número de golpes y Perforar pieza de prueba para confirmar que las perforaciones estén bien realizadas; las dos primeras corresponden al 67,5% del tiempo total del alistamiento, el otro 32,5% corresponde a actividades relacionadas con la herramienta. (Ver pag 15. Tabla 2. Pareto para análisis de sub actividades de montajes.)

Con base en lo anterior y partiendo de que los tiempos de alistamiento más altos se dan en los taladros que tienen más cabezotes, es decir, 7C, 9C y 11C, se tomó la decisión de hacer el análisis para la prueba piloto en uno de ellos. Partiendo de que dicha prueba se hará con el fin de mejorar la propuesta e implementarla en los demás taladros, se tomó como referencia el 11C, ya que al ser el que más número de husillos tiene y en el que se producen las piezas más grandes y más perforaciones, es el alistamiento que tiene los tiempos más largos, pues a diferencia de los demás taladros, tiene 5 cabezotes verticales inferiores, 4 verticales superiores y 2 horizontales. (Ver pag 31. Tabla 4: Taladros utilizados en el proceso de perforado en la empresa RD).

Se rediseñó el puesto de trabajo bajo los resultados obtenidos del análisis de tiempos y movimientos, la técnica 5´S, herramientas de control visual y diseño de las estaciones de trabajo bajo principios ergonómicos.

Una vez se implementó la prueba piloto en el taladro 11C para finales del segundo trimestre del 2014, se analizaron nuevamente tiempos tomados de la producción durante el Mes de Agosto, para validar la propuesta y compararla con los datos tomados en el año 2013, en el cual se trabajaba con el método original mencionado en el capítulo 7 denominado “Descripción del alistamiento en el taladro 11C:” (pagina 36).

Además del rediseño del puesto de trabajo, y teniendo en cuenta que uno de los factores que también incide en los tiempos de alistamiento es la búsqueda de planos, (la mayoría de las ocasiones éstos no están organizados en orden alfabético, o simplemente no están en la maquina porque el operario los perdió, los prestó o los colocó en la carpeta que no correspondía) se cambió el método de

almacenamiento de la información, dejando todos los planos de perforado en medio digital cargado directamente en la intranet de la empresa.

Las diferentes referencias se organizaron por línea (área, baño, cocina, dormitorio o corona) y en cada una de ellas los nombres de los muebles se encuentran en orden alfabético. Esto también afectó positivamente el alistamiento, pues con el nuevo método de almacenamiento, el operario simplemente debe acceder a la intranet, seleccionar la carpeta de la línea que corresponde y posteriormente por el nombre del mueble. Además facilitó el orden y aseo en el lugar de trabajo, pues se eliminó completamente el papel, dejando únicamente el correspondiente a las minutas que como son recogidas para ser diligenciadas, se elimina entonces la presencia de papel en cada estación de trabajo.

Para finalizar, como tercera propuesta y partiendo de que actualmente el alistamiento de los taladros se compone de actividades externas, se diseñó una plantilla física que simula en una vista superior el espacio del taladro y sus cabezotes, ésta permite hacer el próximo montaje del taladro a desarrollar, con base en la siguiente pieza a perforar, de tal manera que cuando el operario termine de procesar la última pieza, ya tendrá la representación visual del montaje con las medidas específicas a las cuales debe organizar los cabezotes, cabezales y husillos, además con todas las brocas a disposición. De esta forma el operario omitirá tres de los pasos más demorados en el proceso, que suman el 67.5% de las tareas que se hacen en un montaje. Dichas tareas son las que se identifican en la tabla “Pareto para análisis de sub actividades de montajes”, mostrada a continuación:

Tabla 2 “Pareto para análisis de sub actividades para el taladro 11C”

#	Sub-actividad	Total	Acum. total	% del total	% Acum.
4	Determinar cabezotes y husillos a utilizar	1308.44	1308,44	61,2%	61,2%
7	Retirar todos los mandriles (portabrocas) del montaje que acabo de culminar, retirar de resto las brocas y organizarlas en el puesto de trabajo.	251,9	1560,34	11,8%	72,9%
6	Perforar pieza de prueba para confirmar que las perforaciones estén bien realizadas.	136,6	1396,94	6,4%	79,6%
2	Analizar planos y determinar número de golpes.	134	1831,14	6,3%	85,6%
5	Poner mandriles en husillos.	130,5	1962,04	6,1%	91,7%
1	Buscar planos.	114,18	2076,92	5,3%	97,1%
3	Alistar Brocas.	62,8	2139,02	2,9%	100,0%
		829,98			

*Fuente: Proyecto de grado: Evaluación y mejoramiento de los procesos. Empresa RD.*

La plantilla fue desrrollada bajo principios de diseño gráfico e industrial, en donde se tuvieron en cuenta factores visuales, ergonómicos y dimensionales.

## **6. MARCO DE REFERENCIA**

### **6.1. JUSTIFICACION Y ANTECEDENTES**

“La segunda guerra mundial marcó de manera determinante el desarrollo de la sociedad moderna, fue necesario replantear las formas de producción; los hombres debían reconstruir moral y físicamente sus naciones, emprendiendo un camino hacia el progreso donde de paso, se olvidaran las secuelas de la guerra. Alemania así lo hizo, impulsó sistemas de fabricación y productos que resultaban especialmente económicos, funcionales y prácticos, verdaderas soluciones para quienes lo habían perdido todo. Los muebles RTA (Ready to Assamble) o listos para armar son producto de esta época, nacieron ante la necesidad reestructuradora del país europeo, pero su desarrollo ha sido tan positivo desde entonces, que hoy están presentes con éxito en casi todos los hogares y oficinas del mundo.

A pesar de su aparición hace más de 60 años, sólo hasta 1994 comenzó a desarrollarse en el país este tipo de mobiliario, gracias al proceso de apertura que permitió a las empresas fabricantes de muebles adquirir con facilidad herrajes, maquinaria y equipos para la producción del RTA (tipo de mobiliario que exige mayor precisión dado el sistema 32 que tiene como base), y que antes del cambio económico tenían altos costos de importación. A pesar de los problemas, los muebles RTA están conquistando progresivamente el mercado nacional con excelentes proyecciones, y en este proceso la competencia a nivel empresarial ha sido un dispositivo importante, ya que ha gestado interés por producir más y mejor, ofreciendo variedad en precios, diseños y materiales. (Colorado Castro, 2011)

La variedad de diseños, tendencias, materiales, herrajes y demás, ha hecho que la competencia aumente y la guerra de precios en el mercado nacional sea cada vez más visible. Esto sumado a las importaciones ha obligado a las empresas a la reducción de costos para poder competir y mantenerse en el mercado.

Las empresas en Colombia que producen este tipo de muebles son pocas y las del exterior, generalmente tienen tecnología más desarrollada, por eso las investigaciones relacionadas a maquinaria y alistamientos para muebles RTA son pocas, sin embargo en la tesis (Garavito N, 2010) desarrollada en la misma organización RD, la autora plantea algunas implementaciones que ya se llevan a cabo, lo cual en su momento ayudo a reducir tiempos de alistamiento, pero ahora temas como los lotes pequeños, la competitividad y el incremento en la demanda exigen de tiempos aún más reducidos para tener un mayor aprovechamiento de las máquinas. En esta tesis se identificaron las tareas internas y externas del alistamiento, se hizo una toma de tiempos en cada uno de los taladros y a través

de un análisis de *Pareto* (Ver tabla 2: “*Pareto para análisis de sub actividades para el taladro 11C*”) se determinaron cuáles eran las actividades que mayor incidencia tenían sobre el tiempo total del alistamiento de los taladros. Se concluyó que la actividad que mayor impacto tiene sobre todo el montaje es “Determinar cabezotes y husillos a utilizar”.

Con base en este resultado, en el proyecto se desarrolló un formato para que a medida que se fueran haciendo los montajes en cada taladro, se documentara la información y quedaran los formatos a disposición de cada taladro para futuros montajes, de esta forma, el operario no necesita hacer este análisis al momento de realizar el alistamiento, sino que el ya tendrá total conocimiento del posicionamiento de cabezotes y husillos. El formato muestra de manera gráfica las posibles posiciones que pueden tomar los cabezotes y brocas dependiendo de la pieza a perforar. En la actualidad estos formatos no son usados en la empresa, por que toma mucho tiempo diligenciarlos y no son de fácil interpretación para el operario.



## **6.2. MARCO TEORICO:**

La competencia y los requerimientos de los clientes obligan a las empresas a reducir cada vez más sus costos, mejorar la calidad, garantizar la entrega del producto en tiempos más cortos e innovar. En la actualidad algunas empresas optan por el despido del personal y el cambio de proveedores, pero estas decisiones afectan totalmente la calidad del producto. Las empresas no pueden arriesgar la satisfacción y la fidelidad de los clientes a costa de una toma de decisión incorrecta en la reducción de los costos. Otras formas de reducirlos es incrementando la productividad, reduciendo el tiempo de fabricación del producto, reduciendo los tiempos muertos y optimizando las líneas de producción. Estas alternativas, pueden ser llevadas a cabo por medio de la implementación de algunas técnicas de Lean Manufacturing. A continuación un análisis de algunas herramientas aplicables al desarrollo de este proyecto:

### **6.2.1. Indicadores de Gestión:**

Los IDG más usados son:

Costo de mano de obra utilizada, tiempo invertido en búsqueda de cosas, porcentaje de área utilizado, cantidad de unidades almacenadas y porcentajes obtenidos con base en los resultados de otros indicadores; por ejemplo: tasa de defectuosos. Estos indicadores se deben evaluar para cada situación anómala que se presente en la planta, y, de esta forma, evaluar las repercusiones que ella genera en el proceso productivo. Se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- A. Puntos de chequeo para la detección de las situaciones anómalas:
  - Cambios de referencia y tiempo asociado a éstos.
  - Pasillos y puntos de bloqueo en ellos.
  - Organización del trabajo de planta, en lo referente al grado de autonomía y polivalencia de los trabajadores.
  - Condiciones ergonómicas y de seguridad para la realización del trabajo.
  - Cuellos de botella o demoras en los flujos de producción.
  - Reprocesos o fallas de calidad en la producción. Uno de los principales apoyos para la detección de las anomalías en planta es la realización de análisis de flujos de materiales, utilizando los diagramas tradicionales de la Ingeniería Industrial, por ejemplo: diagramas de recorrido.
  
- B. Grupo de trabajo para la determinación de las anomalías en la planta.

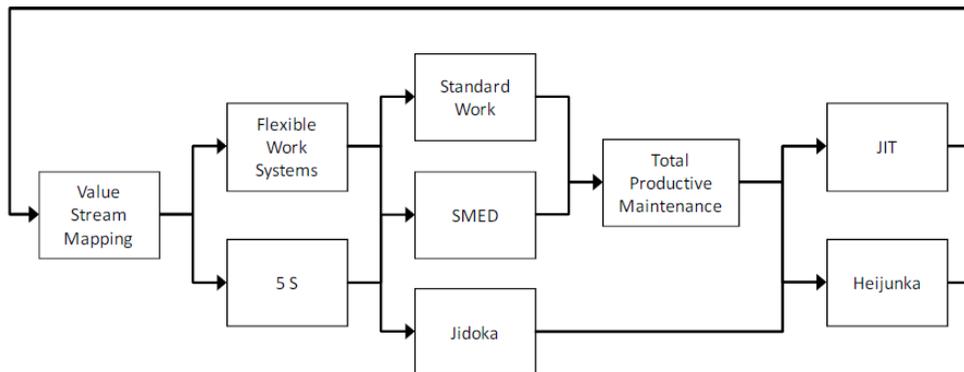
La teoría del Kaizen establece que para buscar anomalías se emplean pequeños grupos de personas, que exploran todas las situaciones de la planta, y una vez las encuentran, aplican sobre ellas las técnicas de mejoramiento. Luego de

determinar las anomalías existentes en la planta y de establecer si ellas agregan o no valor al proceso productivo, se deben presentar propuestas de solución a los problemas identificados usando las técnicas de mejoramiento continuo; estas alternativas deben ser acompañadas de un análisis técnico, económico y financiero que, permita determinar la viabilidad de su implementación. Los resultados obtenidos a partir de las propuestas implementadas se muestran al grupo de trabajo y a toda la empresa en general usando gráficos de barras que representen las metas y su grado de cumplimiento en el tiempo definido por la dirección. (Posada, Interacción y conexiones entre las técnicas 5s, SMED y Poka Yoke en procesos de mejoramiento continuo, 2007)

Para la aplicación del proyecto se tendrán en cuenta los siguientes IDG, para el proceso a analizar: El promedio de horas que se dedica a cada tarea; el tiempo dedicado específicamente al alistamiento de la máquina; el ahorro en costo de MO y la estimación en el incremento de unidades producidas al día.

### 6.2.2. Lean Manufacturing:

Figura 4: Modelo de implementación de Lean Manufacturing.



*Fuente: Groesbeck, R. (2005). Class Notes for the course in Production Systems Improvement. Virginia Tech, Blacksburg, VA.*

Las técnicas de mejoramiento continuo usadas por Lean Manufacturing en el mejoramiento de procesos productivos son las 5 's, los sistemas SMED, los sistemas Poka Yoke, la fábrica visual, el desarrollo de Indicadores de Gestión (IDG), el desarrollo de procesos de Value Stream Mapping (VSM), el Control Estadístico de Calidad (SPC), los procesos Seis Sigma y el Mantenimiento Productivo Total (TPM), con sus diferentes técnicas de trabajo y el desarrollo de programas Kaizen, basados en sugerencias.

**6.2.2.1. 5'S:** Metodología que busca minimizar la cantidad de desplazamientos y movimientos, mejorar la calidad de la producción y tener mejores condiciones de trabajo para el colaborador.

Seiri (Utilización): Hace referencia a tener a disposición en el puesto de trabajo únicamente los elementos necesarios para el desarrollo de las tareas.

Seiton (Orden): Los objetos que se requieren para la ejecución de cada tarea deben estar ubicados de acuerdo a la secuencia de su uso, y deben permitir de forma rápida su identificación visual, de tal manera que sea evidente la falta o posición incorrecta de los mismos.

Seiso (Limpieza): Se refiere a la limpieza de los equipos de trabajo. Esto permite más organización del puesto de trabajo y la previa identificación de fallas en las máquinas.

Seiketsu (Estandarización): La estandarización y mantenimiento de la correcta utilización de los implementos de trabajo, el orden y la limpieza en cada máquina, permite que el trabajo alcanzado con la ejecución de las 3 primeras eses se conserve.

Shitsuke (Autodisciplina): Hace referencia a la interiorización de las 4 primeras eses. Cada individuo que hace parte de la organización debe interiorizar las primeras cuatro fases para que su ejecución sea parte natural del pensar y actuar en el desarrollo y ejecución de cada tarea.

**6.2.2.2. Trabajo estándar:** Busca que las operaciones se realicen siempre de la misma forma, permite el control de los procesos, reduce la variabilidad, facilita la documentación para la mejora continua de los procesos, agiliza y hace más fácil el entrenamiento y la adquisición del conocimiento de los nuevos colaboradores que hagan parte de la organización.

**6.2.2.3. SMED:** Este concepto propone el cambio de herramientas o alistamiento de las maquinas en un tiempo inferior a 10 minutos. Entendiendo el alistamiento como todas las actividades que el operario debe realizar desde que sale la última pieza procesada de determinado sku, hasta que sale la primera unidad buena del siguiente sku. Este procedimiento requiere estudiar el proceso actual de alistamiento para determinar si hay pasos del alistamiento que no son necesarios, identificar las tareas internas de las externas para convertir las internas en externas realizando actividades en paralelo y así reducir el tiempo no productivo, eliminar los reajustes evitando el uso de herramientas que requieran de motricidad fina y la utilización de estándares, y si el proceso lo permite suprimir el alistamiento estandarizando componentes y utilizando el mismo montaje para varios sku's.

**6.2.2.4. Jidoka:** Capacidad que tienen las líneas de producción de detenerse cuando se detectan problemas, tales como el mal funcionamiento de los equipos, retraso en el trabajo o problemas de calidad, tanto por las mismas máquinas que son capaces de detectar las anomalías como por los propios trabajadores, que pueden presionar un botón que detiene inmediatamente la línea. (Toyota)

**6.2.2.5. Pokayoke:** Dispositivos electrónicos encargados de detectar las situaciones anormales de los procesos críticos en el momento en que ocurren, y detienen la línea de producción hasta que se realice la operación correctamente. Cuando un trabajador detecta un problema lo informa a su Team Leader, tirando de un cordel que inmediatamente acciona un tablero luminoso llamado ANDON: un típico método de control visual que les permite a los Team Leaders controlar si las actividades de producción están procediendo con normalidad o no. Consecuentemente, el Team Leader observará el problema y definirá las acciones de mejora inmediatas a seguir. (Toyota).

**6.2.3. Control visual:** Conjunto de técnicas de control y comunicación visual que tienen por objetivo facilitar a todos los empleados el conocimiento del estado del sistema y del avance de las acciones de mejora.

Control visual de espacios y equipos:

- Identificación de espacios y equipos.
- Identificación de actividades, recursos y productos.
- Marcas sobre el suelo.
- Marcas sobre técnicas y estándares.
- Áreas de comunicación y descanso.
- Información e instrucciones.
- Limpieza



Fuente: [www.hogarutil.com/bricolaje/tareas/carpinteria/201008/panel-herramientas-4400.html](http://www.hogarutil.com/bricolaje/tareas/carpinteria/201008/panel-herramientas-4400.html)

- Documentación visual en el puesto de trabajo.
- Métodos de organización: Hojas de instrucciones, estudio de tiempos y movimientos, planificación de trabajo, auto inspección, recomendaciones de calidad, procedimientos de seguridad.
- Recursos de tecnología, instrucciones de operación y mantenimiento, cambios y ajustes, descripción de procesos y tecnologías.
- Productos y materiales. Especificaciones de producto, listas de piezas, requerimientos de empaquetado, identificación de defectos comunes en materiales y productos.

### Control visual de la producción

- Programa de producción.
- Programa de mantenimiento.
- Identificación de stocks.
- Identificación de reprocesos.
- Identificación de trabajos en proceso. (cargas, retrasos, etc.)
- Indicadores de productividad.

### Control visual de la calidad.

- Señales de monitorización de máquinas.
- Control estadístico de proceso (SPC)
- Registros de problemas.

### Gestión de indicadores.

- Objetivos, resultados y diferencias de indicadores de proceso.
- Gestión de la mejora continua.
- Actividades de mejora.
- Sugerencias
- Proyecto en marcha

Fuente: *Lean-manufacturing-concepto-tenicas-e-implantacion*. (2013). Juan Carlos Hernández Matías, pag 53 – 54.

**6.2.4. Estudio de tiempos y movimientos:** Técnica y análisis de los movimientos que efectúa el cuerpo al desarrollar una tarea. Se establecen estándares de tiempo permitidos para el desarrollo de tareas determinadas.

Este estudio se hace en dos niveles, el estudio de micro movimientos y de macro movimientos, el primero examina el segmento más pequeño de cada trabajo y efectúa modificaciones a ese nivel. Se desglosa el trabajo en movimientos como alzar, mover, tomar, colocar y alinear, estos tiempos se miden en milésimas de minuto (0,001 minutos); el segundo nivel, corresponde a los aspectos generales y las operaciones de una planta o de una línea de productos, como operaciones, inspecciones, transporte, detenciones o demoras y almacenamientos.

Para este proyecto se hará énfasis en las actividades desarrolladas en el puesto de trabajo (Micro movimientos), las cuales corresponden a tareas desarrolladas con brazos, manos, piernas, y desplazamientos en la misma área de trabajo de la máquina. Algunas de las técnicas para el estudio de Micro y Macro movimientos son:

Tabla 3: Técnicas para estudio de micro y macro movimientos:

Micro Movimientos	Macro Movimientos
1. Diagrama de análisis de operaciones.	1. Diagrama de flujo.
2. Diagrama de operador y máquina.	2. Hoja de operaciones.
3. Diseño de las estaciones de trabajo.	3. Diagrama de proceso.
4. Reglas de economía de movimientos	4. Diagrama de flujo de proceso.
5. Sistema de estándares de tiempo predeterminados	

*Fuente: Autora del proyecto.*

A continuación la explicación clara de cada uno de ellos:

Micro movimientos:

- a) Diagrama de análisis de operaciones.  
Describe una actividad única, por lo general, un operador con herramientas y equipo enteramente bajo su control. Dicha actividad se divide en sus elementos (un elemento es una unidad de trabajo que no es posible dividir) y ellos se cronometran.
- b) Diagrama de operador y máquina.  
Este diagrama analiza dos actividades: la del operador y la de la máquina. Es mucho más útil porque muestra la relación entre éstas dos actividades. Ambas deben trabajar de forma intermitente, y el diagrama muestra lo que cada uno hace en cada momento. Cada actividad se reduce a una serie de elementos.

Estos elementos de trabajo se colocan en orden descendente a un lado del diagrama; los elementos de la otra actividad se colocan en el lado opuesto, también en orden descendente. Cada elemento debe estar alineado con el tiempo, de modo que los momentos simultáneos se encuentren uno frente al otro.

En cualquier diseño de estaciones de manufactura debe incluirse la siguiente información:

1. Mesas de trabajo, maquinas e instalaciones
  2. Materiales de entrada (MP)
  3. Materiales de salida (PT)
  4. Espacio para el operador y acceso del equipo.
  5. Ubicación de los desperdicios y rechazos.
  6. Herramientas de trabajo.
  7. Escala de los dibujos.
- c) Diseño de las estaciones de trabajo.

El resultado de la ergonomía y el diseño de la estación de trabajo es una distribución de la estación de trabajo que determina los requerimientos del

espacio. La ergonomía es la disciplina que estudia el diseño de trabajo, herramientas y tareas, considerando las características fisiológicas, anatómicas y psicológicas del trabajador. Dichas consideraciones incluyen estatura, fuerza, alcance, visión, capacidad cardiovascular, cognición, capacidad de supervivencia, lesiones esqueléticas y musculares.

d) Reglas de economía de movimientos.

Los principios de economía de movimientos se utilizan para mejorar el diseño de una estación de trabajo, haciendo que éste sea eficaz y eficiente. Para todo trabajo deben considerarse los principios de la economía de movimientos. Estos principios se describen a continuación:

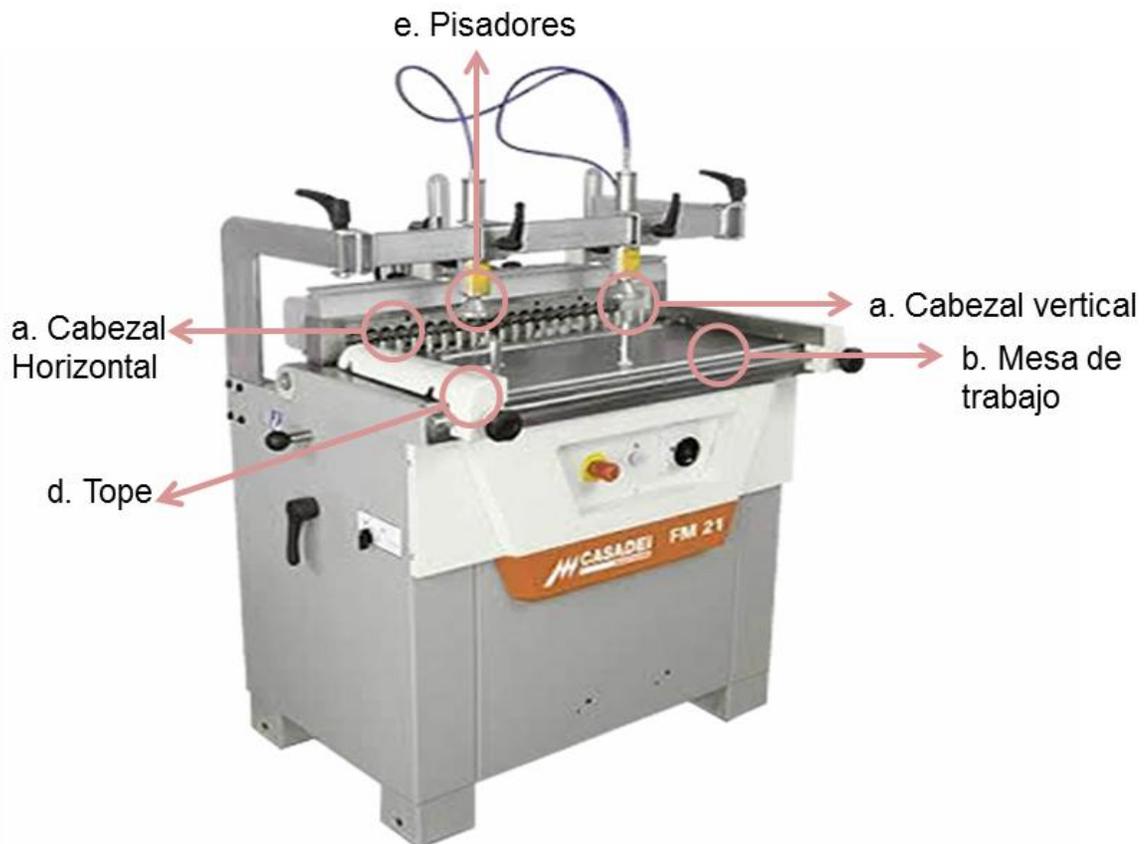
- Movimientos de las manos: Las manos deben de operar con movimientos de tipo espejo, deben iniciarse y detenerse simultáneamente, moverse en direcciones opuestas y trabajar en todo momento.
- Movimientos balísticos. Se crean al poner en movimiento un conjunto de músculos sin tratar de suspenderlos mediante otros músculos.
- Movimientos controlados o restringidos. Son lo opuesto a los movimientos balísticos y requieren de mayor control, especialmente al final del movimiento.
- Movimientos continuos. Son curvos y más naturales. Cuando el cuerpo tiene que cambiar de dirección, reduce velocidad y realiza dos movimientos por separado. Si la dirección se modifica menos de 120°, se requieren dos movimientos.
- Localización de piezas y herramientas: Escoja un lugar fijo para todo y téngalo tan cerca del punto de uso como sea posible.
- Libere las manos tanto como pueda. La mano es el dispositivo más costoso que puede ocupar un diseñador, por lo que debemos proporcionar otros medios de sujeción de piezas.

### 6.3. Taladros múltiples:

Son taladros que cumplen la función de uno convencional, pero gracias a su versatilidad, a que tiene más de un husillo y algunos más de un cabezal, maximizan la producción, garantizan más precisión y ahorro en tiempos de alistamiento, comparados que la operación de un taladro que solo tiene 1 husillo.

Estas maquinas tienen más de un husillo, ubicados a una distancia de 32mm entre centro y centro. Además de los husillos, se compone de uno o varios cabezales, una mesa de trabajo, motor y topes. A continuación una breve descripción de las partes más relevantes en el funcionamiento de la máquina:

Figura 5: Partes relevantes de taladro multiple.

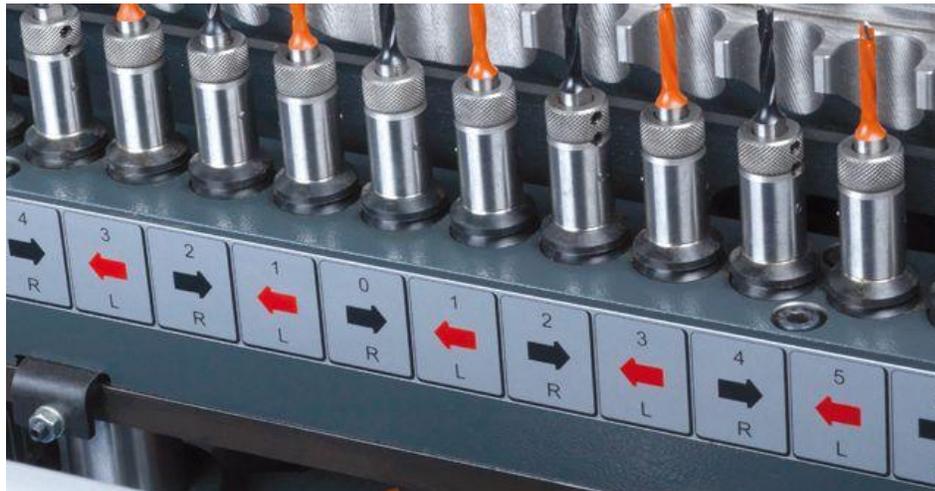


*Fuente: Autora del proyecto.*

- El cabezal:** Es la base del taladro, en la cual se posicionan los husillos portabrocas, el número de husillos por cabezal varía dependiendo del tamaño del taladro, la mitad de ellos giran hacia el lado derecho, y la otra mitad hacia el lado izquierdo, debido a que el motor transmite la potencia a uno de los husillos, y este por medio de un piñón transmite el movimiento al husillo

siguiente y así sucesivamente. Es por esto que para este tipo de maquinas se utilizan brocas de color naranja y negro (ver foto a continuación), los colores funcionan como display para la rápida identificación del sentido de cada una, las naranjas giran hacia la izquierda y las negras hacia la derecha. Esto representa una restricción al momento de comprar, almacenar y organizar las brocas en el puesto de trabajo. Pues cada una de ellas debe ir en el husillo correspondiente.

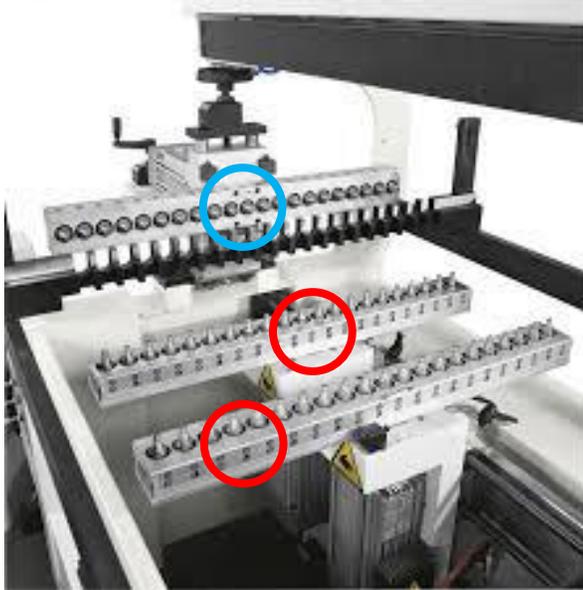
Figura 6: Diferenciación de husillos y brocas por color, para taladros múltiples.



Fuente: <http://www.elkor.org/articulos.php?s=1&g=1&f=9&sf=54&r=120>

Existen taladros de 1 o más cabezales, estos se clasifican en verticales y horizontales, los verticales son aquellos que pueden ir ubicados en la parte de arriba o abajo y cuyas perforaciones quedan sobre la cara de la madera, los cabezales horizontales son aquellos que están ubicados en los lados derecho e izquierdo de la maquina y cuyas perforaciones quedan sobre el canto de la madera, los verticales tienen libertad de fijación, permitiendo girar, algunos con restricción de 90°, pero otros sin restricción de ángulo. A continuación en la siguiente imagen se muestran señalados con rojo los cabezales que están en posición vertical que para éste taladro están en la parte inferior, y con azul, los cabezales horizontales, que aquí están ubicados en el lado izquierdo de la maquina:

Figura 7: Diferenciación de cabezales verticales y horizontales.



*Fuente: Autora del proyecto.*

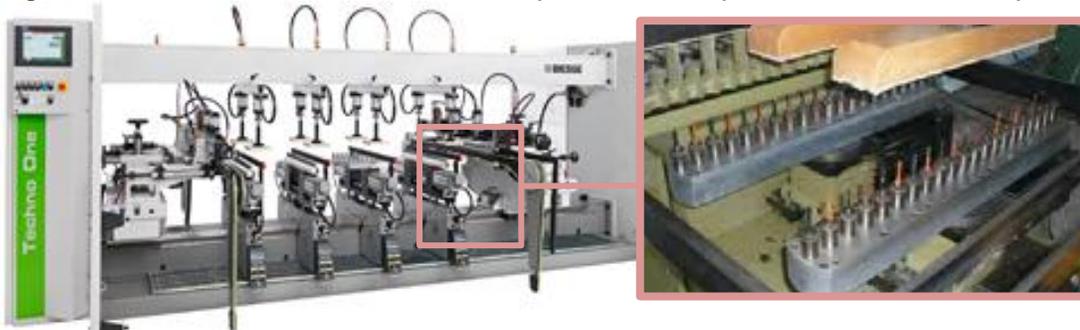
- b. **Mesa de trabajo:** En ella se ubican los pisadores que por medio de la neumática aseguran la pieza (tablero de madera aglomerada) y los topes que bloquean el movimiento garantizando que las medidas a las cuales se han posicionado los cabezales se conserven en cada pieza perforada.
- c. **Motor:** El numero de ellos depende de la cantidad de cabezales que tenga el taladro, por cada cabezal, la maquina tiene un motor independiente. De acuerdo a lo mencionado en el punto B, estos rotan junto con el cabezal, por medio de una barra de torsión y engranajes que se gradúan gracias al operario desde la parte delantera de la maquina.
- d. **Topes:** Estos funcionan como guías de referencia que permiten que las medidas desde los bordes de la pieza a perforar a la primer perforación se mantengan a la distancia requerida, todas las demás medidas dependen de esto, pues como ya se menciona, cada husillo esta ubicado a 32mm, y esta medida nunca varia a menos de que se presente un desajuste en las brocas que fueron posicionadas en cada husillo.  
Éstos permiten un rápido y fácil control de la profundidad del cabezal, ya sea en sentido vertical u horizontal.
- e. **Pisadores:** Son elementos que cumplen la función de sujetar las piezas que se procesan, para evitar que con la vibración de la maquina estas se muevan de los topes y las perforaciones queden desfasadas.

## 7. DESARROLLO DEL PROYECTO:

### 7.1. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE PERFORADO ACTUAL

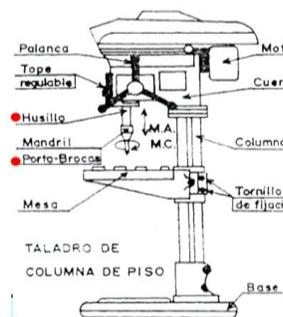
El alistamiento de un taladro es la acomodación que se debe realizar cada vez que se van a hacer las perforaciones en una pieza de madera aglomerada. El tiempo que se dedica al alistamiento de estas máquinas depende del tamaño y la cantidad de perforaciones que contiene la pieza a procesar. Actualmente la empresa cuenta con 6 taladros múltiples, todos diseñados a sistema 32, es decir, que todos los husillos que componen cada cabezal tienen una distancia de centro a centro de 32 milímetros.

Figura 8: Taladros utilizados en el proceso de perforado en la empresa RD.



Fuente: Autora del proyecto.

Figura 9: Husillo y portabroca de un taladro.



**Husillo:** Tipo de tornillo largo utilizado para producir desplazamientos lineales, en el extremo superior lleva un engranaje con una polea escalonada que genera el movimiento rotatorio, en la parte inferior, un orificio donde se posiciona el portabroca, y sobre él la broca.

**Portabroca:** Tipo de mandril usado en los taladros para sujetar las brocas de cuerpo cilíndrico. Se abren y cierran de forma manual por medio de llaves especiales diseñadas para esta herramienta

**Broca:** Herramienta en acero usada para perforar.

Fuente: [www.mueblesdomoticos.blogspot.com/2013/01/partes-de-un-taladro-de-columna-o-arbol.html](http://www.mueblesdomoticos.blogspot.com/2013/01/partes-de-un-taladro-de-columna-o-arbol.html)

Los cabezales que contienen los husillos se pueden mover vertical y horizontalmente por medio de controladores digitales y análogos. Sobre los husillos se posicionan los mandriles y sobre ellos las brocas a utilizar, las cuales varían en diámetro y color (determina la dirección hacia la que gira la broca). La

empresa cuenta con 6 máquinas para perforar, Taladro 1C, 3C, 7C, 8C, 9C y 11C, denominados así por la cantidad de cabezales que tiene cada uno. Los cabezales verticales hacen las perforaciones en esa dirección, es decir, sobre la cara de la pieza, mientras que los horizontales hacen las perforaciones en este sentido, es decir, por el canto de la pieza. Todos los taladros tienen topes de presión fija, los cuales ejercen presión sobre la pieza mientras ésta es perforada con el fin de evitar que se mueva y que las perforaciones queden desfasadas, hay otros topes, a los cuales se les designa como topes de posición, los cuales determinan donde quedará ubicada la pieza dentro del área de perforado.

A partir del concepto de sistema 32, es válido aclarar que los herrajes conseguidos en el mercado vienen con este mismo parámetro, por ende esta es una limitante que con el tiempo ha permitido que se estandaricen medidas en perforaciones para los herrajes, sin embargo esto no ha permitido la total estandarización, ya que en la mayoría de las ocasiones es el cliente quien determina las dimensiones generales y los servicios que requiere para el producto, posterior a esto, diseño desarrolla propuestas formales, y por medio de renders (imágenes digitales) son mostradas al cliente, una vez él monta la orden de compra se desarrollan planos de fabricación y se procede con su producción. Son pocos los muebles que tienen piezas iguales, y por más que se ha tratado de homogeneizar el diseño, es difícil, pues los clientes siempre están buscando variedad y las tendencias en diseño cada vez evolucionan con más rapidez.

En la siguiente tabla se puede apreciar una imagen de cada taladro, la cantidad de cabezales horizontales y verticales que tiene cada uno, y el número de husillos que los componen. Con esto se puede afirmar que como los taladros 7C, 9C y 11C tienen más husillos, los tiempos de alistamiento en estos tres es mayor, pues la cantidad de cabezotes que se deben posicionar y la cantidad de brocas a ajustar es mayor. El taladro 8C no se tiene en cuenta como uno donde los tiempos de alistamiento sean significativos, ya que es automático y la acomodación de cabezales y cabezotes no se hace de forma manual.

Tabla 4: Taladros utilizados en el proceso de perforado en la empresa RD.

TALADRO	IMAGEN	CABEZOTES VERTICALES	CABEZOTES HORIZONTALES	HUSILLOS	HUSILLOS TOTALES
1C			1	27	27
3C		2	1	21	63
7C		5	2	11	77
8C		6	2	11	88
9C		7	2	11	99
11C		9	2	10	110

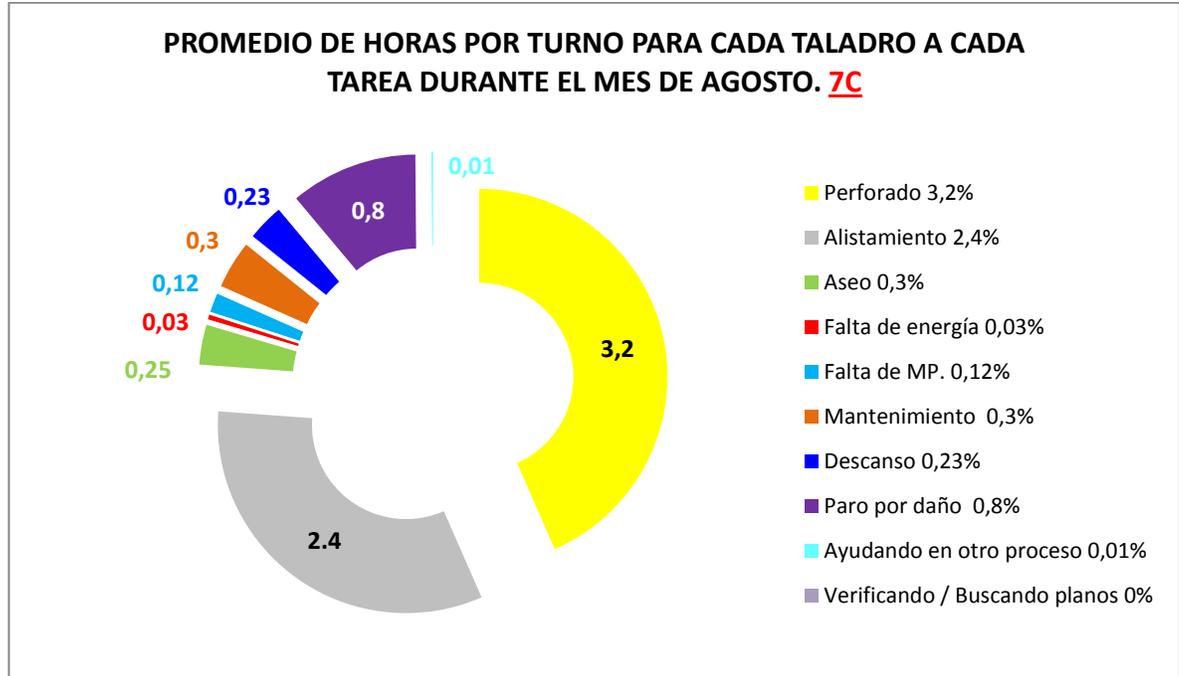
*Fuente: Autora del proyecto.*

### 7.1.1. PROBLEMA ENCONTRADO: LARGOS TIEMPOS DE ALISTAMIENTO.

El problema principal encontrado en el análisis del proceso actual es el largo tiempo de alistamiento que se invierte en el proceso de perforado, esto es consecuencia de una serie de aspectos relacionados con el diseño del puesto de trabajo, a la disposición de la herramienta y la forma en como el operario está haciendo la actividad de preparar la máquina antes de perforar. En la pagina 32 “Descripción del alistamiento en el taladro 11c”, explico cada aspecto, por medio de fotografías y gráficos, mostrando la secuencia y paso a paso.

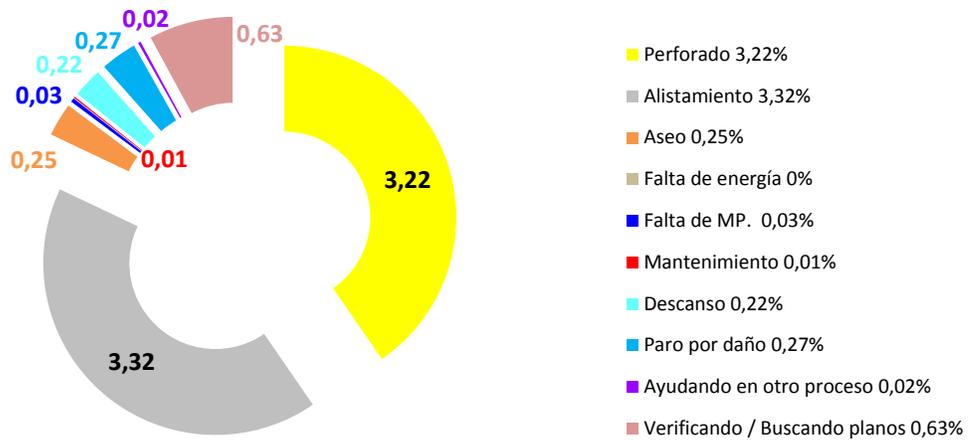
Con el fin de validar que para los taladros grandes, más del 40% del tiempo que tiene un operario en su turno está siendo utilizado en alistamientos, y menos del 38% en operación, se muestra el promedio de horas por turno dedicada a cada tarea durante el mes de Agosto del año 2013, para los taladros de 7, 9 y 11 Cabezales.

Figura 10: Promedio de horas por turno dedicada a cada tarea en el mes de agosto para los taladros 7, 9 y 11C.

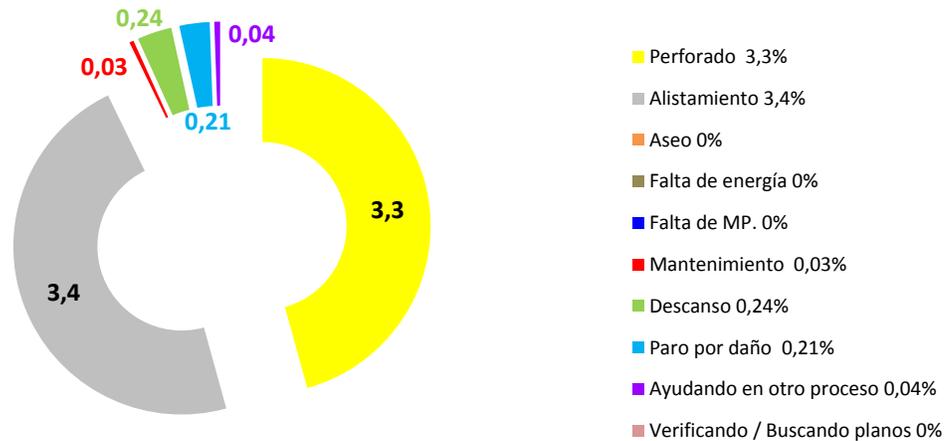


Fuente: Autora del proyecto.

**PROMEDIO DE HORAS POR TURNO PARA CADA TALADRO A CADA TAREA DURANTE EL MES DE AGOSTO. 9C**



**PROMEDIO DE HORAS POR TURNO PARA CADA TALADRO A CADA TAREA DURANTE EL MES DE AGOSTO. 11C**



Evidentemente hay un tiempo alto que se invierte en otras actividades diferentes a perforado. Para los taladros 9 y 11C, y debido a que son los más husillos tienen, el tiempo de alistamiento es superior al de perforado. A continuación se mostrará de forma detallada el puesto de trabajo actual, y posterior a ello, con ayuda del siguiente diagrama de espagueti, se hará una descripción detallada de los desplazamientos en los que se incurre para un alistamiento, bajo el supuesto de que todo está disponible, es decir, materia prima, herramienta, planos y brocas.

## DESCRIPCIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO INICIAL Y OPORTUNIDADES DE MEJORA:

La empresa RD tiene aproximadamente 960 referencias, de las cuales alrededor de 200 son de alta rotación, además de que por la alta competencia que hay en el mercado, de manera continua se están sacando nuevos diseños. Actualmente cada máquina trabaja con planos impresos, los cuales están organizados en carpetas correspondientes a cada Línea. Las líneas que maneja la empresa RD son Área (color verde en la fotografía), Baño (color azul en la fotografía), Cocina (color amarillo en la fotografía), Dormitorio (color azul en la fotografía) y carpetas adicionales para un cliente especial (color gris en la fotografía).

Debido al alto tiempo que se invierte en la búsqueda de planos, la oportunidad que se le da al operario de que raye los planos a su conveniencia y a la constante perdida de la información en planta, con el tiempo las carpetas se han organizado de tal manera que cada máquina tenga sus planos clasificados por línea y que los operarios no tengan que desplazarse hacia otros taladros en busca de la información. Aunque este trabajo que se ha venido realizando ha mejorado esta labor, no es suficiente, pues no facilita la búsqueda rápida y fácil.

A continuación se adjunta una foto, al lado izquierdo se aprecia cómo eran los muebles para cada puesto de trabajo y las carpetas en el 2011, y en la foto de la derecha, el puesto de trabajo que se implementó en el 2013 y las carpetas organizadas por línea.

Figura 11: Comparación de puesto de trabajo en el 2011 y 2013



Fuente: Autora del proyecto.

Sin embargo este puesto de trabajo (foto de la derecha en la figura 8) todavía tiene varias oportunidades de mejora que muestro y nombro en la lista a continuación:

1. Reorganización para la herramienta que permita un mejor control visual y fácil identificación para el operario al momento de seleccionar la herramienta.
2. Cambio en el almacenamiento de la información a medio digital, para eliminar el manejo de planos en papel impreso en cada puesto de trabajo de la planta de producción.
3. Mejorar la distribución del espacio donde los operarios llenan la minuta, ajustan las brocas a los porta brocas, hacen la lectura del plano para definir los golpes que se le darán a la pieza y colocan los elementos de trabajo mientras están haciendo un alistamiento en la máquina.

Figura 12: Oportunidades de mejora para diseño de puesto de trabajo



No hay espacios para cada actividad (llenar la minuta, colocar la herramienta para que quede a la mano, colocar la calculadora, lapicero, etc.)



No hay suficiente espacio para que los operarios accedan a las carpetas, lo cual deteriora rápidamente el estado de las mismas.



No hay una organización de las brocas que permita un control visual y fácil identificación al momento de seleccionarlas.



Los operarios han adaptado cajas de grapas para colocar sus implementos de trabajo como gafas y tapabocas, pues el mueble actual solo tiene espacio para uno de los operarios, y cada taladro es manejado por un titular y un ayudante



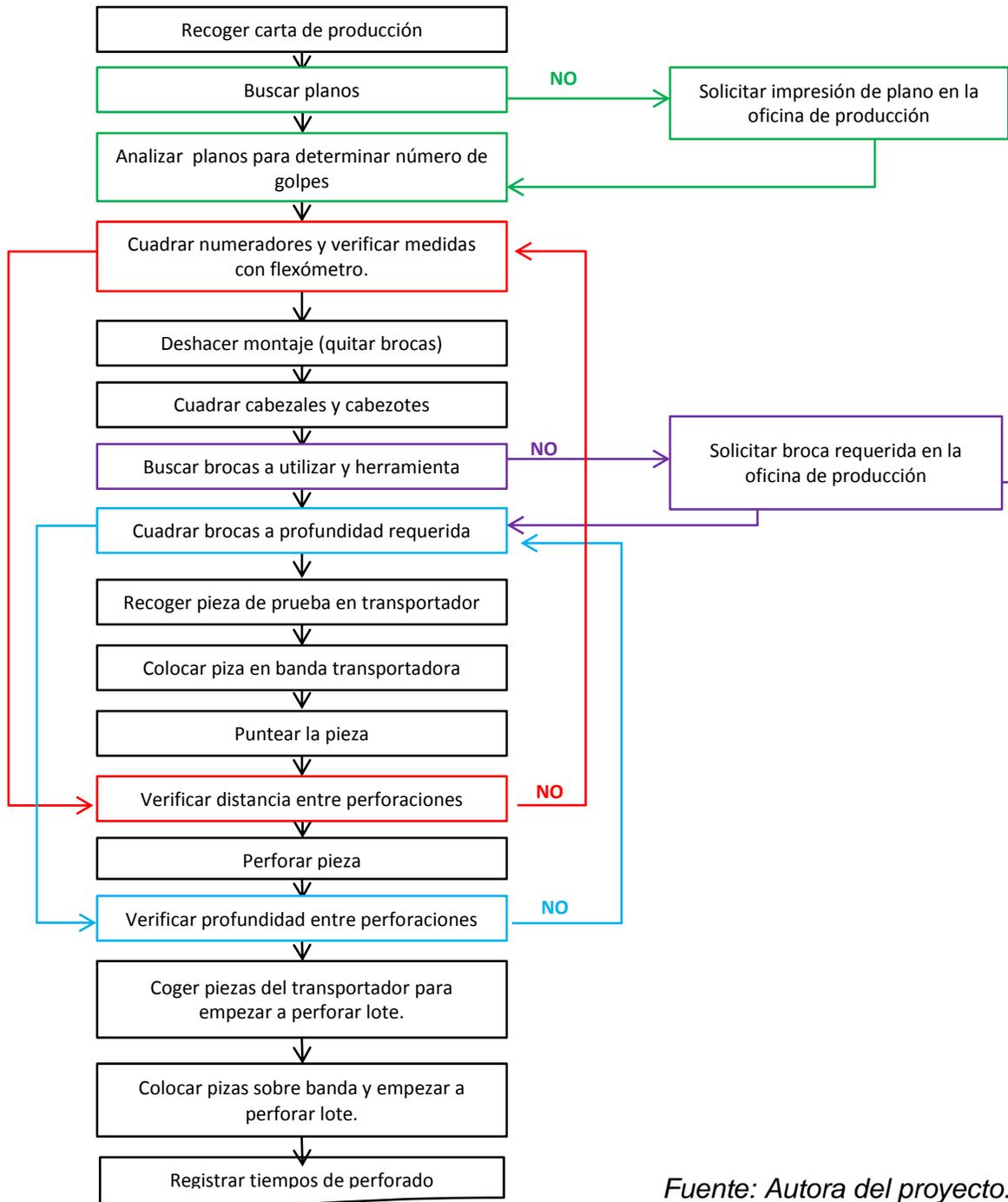
En algunas ocasiones se dificulta la apertura de los cajones, pues estos no tienen correderas que faciliten esta acción del operario.

Fuente: Autora del proyecto.

## DESCRIPCIÓN DEL ALISTAMIENTO EN EL TALADRO 11C:

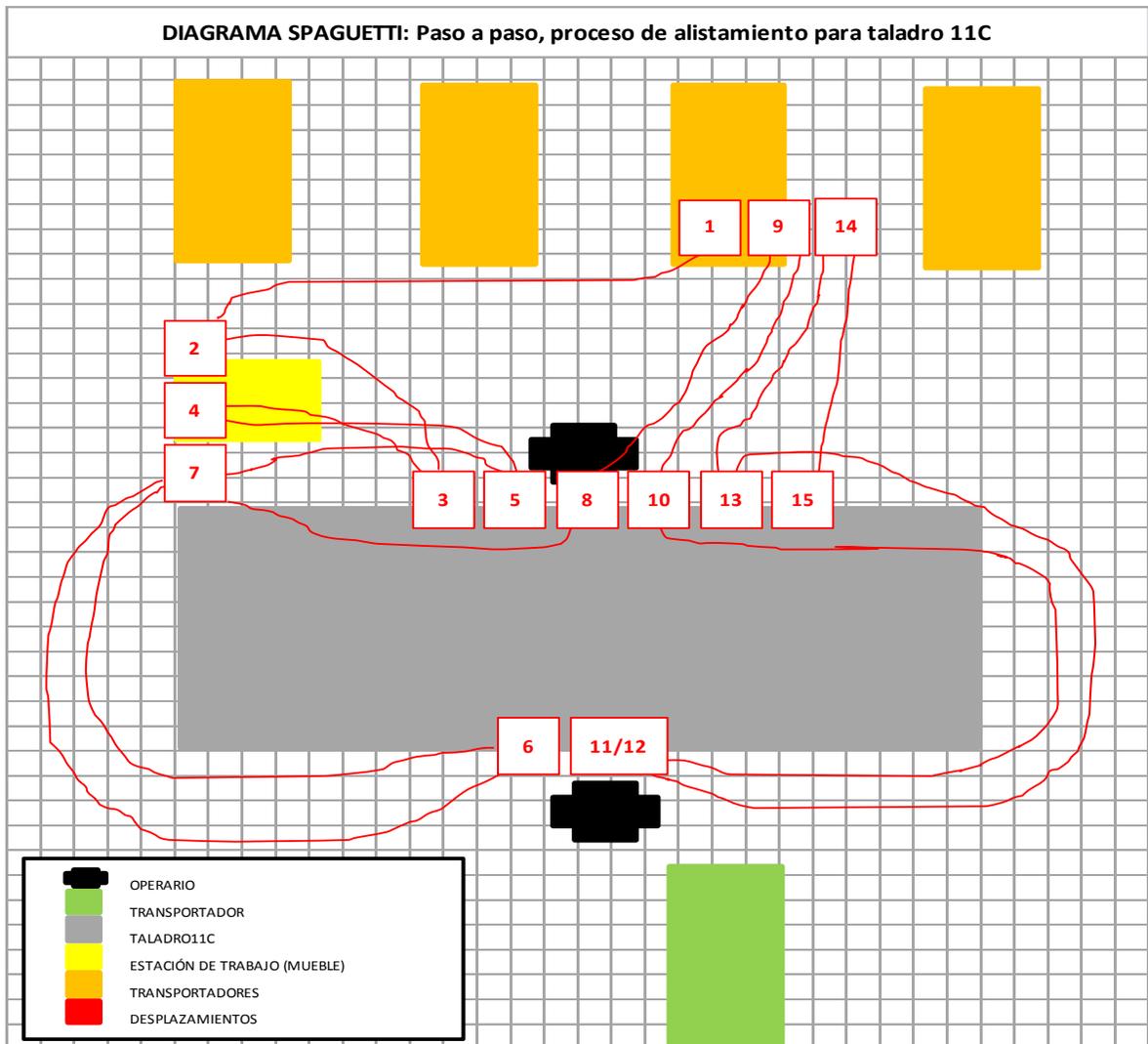
Se hará una representación de la secuencia del montaje, primero por medio de un diagrama de flujo, y después una descripción con un diagrama de spaghetti y fotografías que muestran el paso a paso del proceso de alistamiento:

Figura 13: Diagrama de flujo: Alistamiento en estación de trabajo de taladro 11C.



Fuente: Autora del proyecto.

Figura 14: Diagrama Espagueti (DE): Alistamiento en estación de trabajo de taladro 11C.



Fuente: Autora del proyecto.

- a. El operario debe ir al arrume por la carta de producción. Punto 1 en el DE.
- b. Como se muestra en el punto 2 en el DE, el operario debe ir al puesto de trabajo (área señalada con amarillo y denominada “ESTACION DE TRABAJO”) a buscar los planos organizados en las diferentes carpetas, para saber cuál es el montaje que debe hacer a continuación, y llevar la calculadora al taladro para poder hacer los cálculos matemáticos.

Figura 15: Disposición de información en puesto de trabajo.



*Fuente: Autora del proyecto.*

- c. Como se muestra en el punto 3 en el DE, el operario debe dirigirse hacia el taladro con el plano de la pieza a perforar, para analizar el número de golpes que se le debe dar a determinada pieza, así como los cabezotes y husillos a utilizar.

Figura 16: Operación en computadora para definir cabezales y cabezotes a utilizar.



*Fuente: Autora del proyecto.*

- d. Una vez ya definido el posicionamiento de cabezales y cabezotes, el operario debe cuadrar los numeradores de la máquina y verificar cuantas veces sea necesario con el flexómetro para garantizar que la distancia entre husillos sea la correcta, pues algunas de las máquinas tienen problemas de calibración, que no garantizan que la distancia entre husillos sea exactamente igual a lo que dicen los numeradores. Para hacer esto, y de acuerdo como se muestra en el punto 4 en el DE, el operario se desplaza hacia el puesto de trabajo por la herramienta de medición.

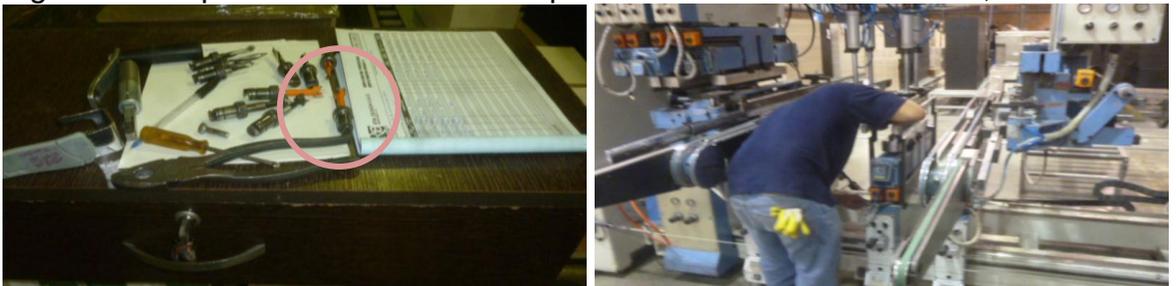
Figura 17: Posicionamiento de cabezales y cabezotes.



Fuente: Autora del proyecto.

- e. Una vez el operario haya hecho los cálculos, y como se muestra en el punto 5 en el DE, se debe dirigir al “TALADRO” con la herramienta (llave allen, llave hexagonal y la manivela) para deshacer el montaje (quitar brocas que ya no se utilizarán) y dar inicio al siguiente. *En el montaje, el operario debe agacharse y pararse varias veces, ya que la operación del alistamiento implica que éste deba cuadrar los numeradores (están a una altura de 30 centímetros) y verificar que la distancia entre las brocas haya quedado de forma correcta. Debe repetir esta acción cuantas veces sea necesario para que la distancia entre cada broca sea exactamente igual a lo que se especifica en el plano de perforado.*

Figura 18: Disposición de herramienta para el alistamiento del taladro,



Fuente: Autora del proyecto.

- f. En el punto 6 en el DE se puede apreciar el desplazamiento del operario hacia el otro costado del taladro, el cual se hace con el fin de acomodar los cabezotes y cabezales que no van a ser utilizados durante el proceso.

Figura 19: Acomodación de cabezotes que no serán utilizados en el montaje.



Fuente: Autora del proyecto.

- g. Finalmente con todos los cabezotes y cabezales posicionados, como se muestra en el punto 7 en el DE, el operario se dirige al puesto de trabajo en búsqueda de las brocas, flexómetro y calibrador.

Figura 20: Disposición de herramienta para el alistamiento del taladro,



Fuente: Autora del proyecto.

Posteriormente, el operario debe ir al taladro a posicionar las brocas en los husillos ya dispuestos, como se muestra en el punto 8 en el DE. Con el calibrador o pie de rey y de acuerdo a la información que contiene el plano, el operario debe dejar las brocas sobresaliendo la cantidad necesaria para que la profundidad de las perforaciones en las piezas a procesar quede exactamente como se indica en el plano o con posibilidad de variación de más o menos 0,5mm.

Figura 21: Posicionamiento de brocas en husillos.



Fuente: Autora del proyecto.

- h. Una vez ya todo esté listo para dar inicio con la fabricación de las piezas, como se muestra en el punto 9 en el DE, el operario debe dirigirse hacia el transportador donde están las piezas a procesar y tomar una de ellas para verificar que la distancia entre perforaciones este perfecta.
- i. Se dirige hacia el taladro como se muestra en el punto 10 en el DE y coloca la pieza sobre la banda transportadora, marca la superficie de la pieza con la punta de las brocas ya ubicadas en los husillos para verificar que la distancia sea la correcta.

Figura 22: Proceso de perforado sobre pieza de prueba.



Fuente: Autora del proyecto.

- j. Para verificar la distancia, el operario debe ir a la parte posterior de la máquina, donde salen las piezas ya perforadas y verificar sobre la pieza punteada con el flexometro comparando con el plano, es decir, donde se muestra el punto 11 en el DE.

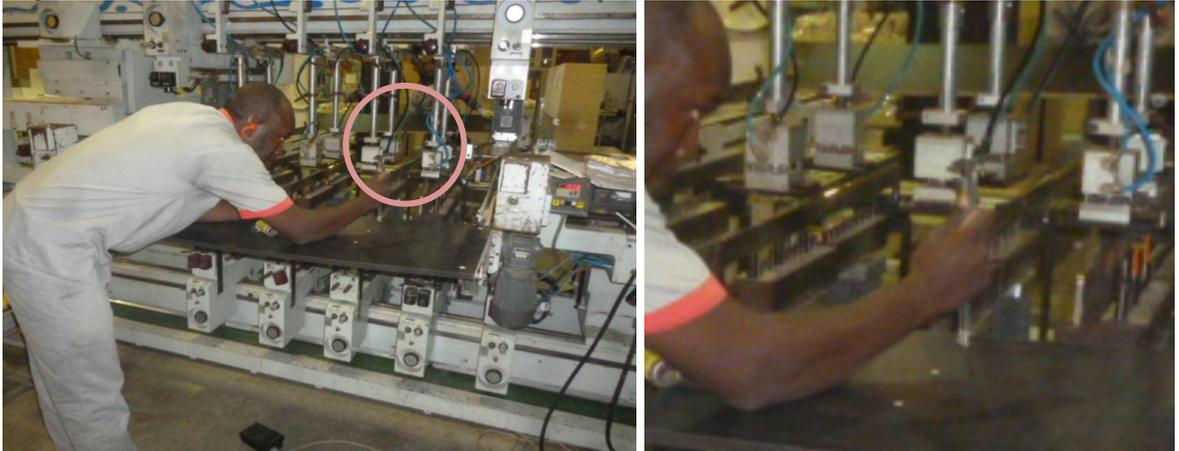
Figura 23: Verificación de distancia entre perforaciones sobre pieza de prueba.



*Fuente: Autora del proyecto.*

- k. También debe verificar la profundidad de las perforaciones sobre la pieza. Para esto el operario se dirige a la parte frontal de la maquina a hacer los últimos ajustes con la diferencia de que en esta ocasión si debe hacer las perforaciones con la profundidad requerida para poder comparar dicha características con el plano. Una vez perforada la pieza, verifica con el calibrador que todas las perforaciones hayan quedado acordes con el plano. (punto 12 en el DE).

Figura 24: Verificación de profundidad en perforaciones sobre pieza de prueba.



*Fuente: Autora del proyecto.*

- l. Una vez la pieza esta perforada, el operario se dirige nuevamente a la parte posterior de la máquina a hacer los últimos ajustes, para continuar con el proceso. Punto 13 en el DE.

- m. Si aún hay algo pendiente deberá dirigirse a la posición 12 nuevamente y hacerlo cuantas veces sea necesario para dejar la medida exacta o con una variación de 0,5mm.
- n. Si la maquina ya está con las condiciones exactas para empezar a perforar el lote, el operario debe acercarse al transportador donde están las piezas a procesar, a seleccionar las primeras piezas para perforar (como se muestra en el punto 14 en el DE).
- o. Finalmente se acerca a la máquina, coloca las piezas sobre la banda (punto15 en el DE) y empieza a producir.

Figura 25: Inicio de perforación de lote de producción.



*Fuente: Autora del proyecto.*

Ahora conociendo el recorrido y el paso a paso que debe hacer el operario en un alistamiento, se detallará en la tabla “Análisis de tiempos y movimientos” el tipo de movimiento que involucra cada paso y la parte del cuerpo que se utiliza en cada tarea. Posterior a ello, se mostrará y explicará el diseño original de la estación de trabajo del operario, la cual se conforma además de la máquina, por un mueble desarrollado en madera, del mismo tipo que se utiliza en la empresa (aglomerado).

Tabla 5: Análisis de tiempos y movimientos que relaciona tarea VS movimiento del cuerpo involucrado:

		ANÁLISIS DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS.																					
Paso	DESCRIPCIÓN DE ALISTAMIENTO EN Descripción de la tarea	MOV. MIEMBROS SUPERIORES						MOV.		MOVIMIENTOS DEL CUERPO						MOV.							
		Mover	Coger	Posición	Soltar	Desmontar	Girar	Aplicar presión	Maniobra	Movimiento del pie	Movimiento de la pierna	Andar	Paso lateral.	Giro del cuerpo	Doblar	Agacharse	Sentarse	Poner una rodilla en el suelo	Arrodillarse	Levantarse	Enfoque ocular	Recorrido ocular	
1	Lectura de la carta de producción																						
2	Búsqueda de planos																						
3	Análisis e interpretación del plano, para determinar cantidad de golpes.																						
4	Hacer los cálculos matemáticos con la calculadora y determinar el posicionamiento de los cabezotes y cabezales.																						
5	Deshacer el montaje y dar inicio al siguiente.																						
6																							
7	Busqueda de Brocas																						
8	Posicionamiento de brocas																						
9	Tomar pieza para verificar distancia entre perforaciones																						
10	Coloca la pieza sobre la banda del taladro y puntear la pieza																						
11	Ir a la parte posterior de la maquina para verificar con flexometro la distancia entre punteadas.																						
12	Ajustar brocas para determinar la profundidad de las perforaciones																						
13	Revisión con calibrador de la profundidad de cada perforacion, para asegurarse de que hayan quedado como lo especifica el plano.																						
14	Dirigirse al arrume para seleccionar las primeras piezas a perforar.																						
15	Dirigirse al frente del taladro en posicion para empezar a perforar el lote de produccion, bajo el supuesto de que la maquina esta lista para empezar.																						
		11	8	6	9	3	5	1	2	9	7	5	2	1	5	5	0	4	1	3	15	15	

Fuente: Autora del proyecto.

Tabla 6: Diagrama de operador máquina antes de la implementación de la prueba piloto.

DIAGRAMA OPERADOR MAQUINA.			
FECHA	Septiembre de 2013		OPERACIÓN:
DESARROLLÓ	Angela Hoyos.		Alistamiento de taladro 11C
ACTIVIDAD 1 OPERADOR	TIEMPO EN	ACTIVIDAD 2	MÁQUINA
Retirar mandriles y brocas y organizarlas en el puesto de trabajo.	1	Ocioso	
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
Busqueda de planos y detreminacion de numero de golpes que se le dará a la pieza.	7		
	8		
	9		
	10		
	11		
	12		
Deteriminación de cabezales, cabezotes y husillos a utilizar.	13		
	14		
	15		
	16		
	17		
	18		
	19		
	20		
	21		
	22		
	23		
	24		
	25		
	26		
	27		
	28		
	29		
	30		
	31		
	32		
	33		
	34		
	35		
Selección de herramientas para hacer nuevo montaje.	36		
	37		
	38		
Acomodación de cabezotes y cabezales.	39		
	40		
	41		
Selección de brocas.	42		
	43		
	44		
Posicionamiento de brocas.	45		
	46		
Verificacion de montaje sobre pieza seleccionada.	47		
	48		
Ajuste para calibracion de máquina.	49		
	50		
	51		
Perforado. Máquina en proceso.	52	Tiempo de máquina (Perforado)	
	53		

Fuente: Autora del proyecto.

Una vez descrita y analizada gráficamente la secuencia del alistamiento, el diseño original con el que se hizo el análisis previo y la toma de tiempos para el año 2013, en los cuales se identificó que para los dos taladros más grandes (9C y 11C) el tiempo de alistamiento era superior a el tiempo de operación, de acuerdo con los datos arrojados por el Pareto, en el que se logró identificar las actividades en las que se estaba invirtiendo más tiempo; se plantean tres propuestas que buscan reducir el alistamiento, incrementando los tiempos de productividad, en este caso para el taladro 11C que es aquel en donde se aplicó la prueba piloto.

## **8. DESARROLLO DE PROPUESTAS:**

Se plantearon 3 propuestas que buscan mejorar las condiciones ergonómicas y el método de trabajo aplicado en el puesto de trabajo del proceso estudiado, con el fin de hacerlo más eficiente, por medio de la reducción en los tiempos de alistamiento.

La primer propuesta consta de un rediseño en el puesto de trabajo en donde se organiza la herramienta utilizada durante el proceso (instrumentos de ajuste y medición), así mismo se clasificaron las brocas por color y diámetro, para ello se tuvo en cuenta la metodología 5´S, aspectos ergonómicos y algunas técnicas de control visual; la propuesta dos apoyada en la misma metodología mencionada anteriormente, plantea una modificación en la forma del almacenamiento de la información en donde se pasa del papel al medio digital, el objetivo de ello es que además de reducir los tiempos de búsqueda de los planos que los operarios utilizan para perforar, se eliminen problemas de producción relacionados con la veracidad de la información, que al final se ven reflejados en demoras, afectando el cumplimiento de la entrega de los pedidos, y costos generados por errores en producción y la compra del material físico utilizado para el manejo de la información en la planta de producción; la propuesta 3, consiste en una plantilla que a escala simula las máquinas utilizadas para el proceso de perforado, buscando reducir el tiempo de alistamiento de los taladros relacionado a actividades internas que no pueden ser pasadas a externas. A continuación se describen las 3 propuestas:

## 8.1. PROPUESTA 1 – REDISEÑO DEL PUESTO DE TRABAJO:

Se propuso un rediseño de la estación de trabajo, y un elemento personal que los operarios llevan de forma personal para organizar la herramienta que utilizan durante cada montaje y garantizar su total disponibilidad, así se reduce la cantidad de desplazamientos del puesto de trabajo a la máquina, que de acuerdo a la secuencia mostrada en el punto 8.1.1.1. “problema encontrado” y al diagrama operador máquina, el operario se demora 6 minutos en la selección de herramientas y brocas, tiempo del cual, casi el 15% corresponde a los desplazamientos que hace el operario para dirigirse a la maquina por los elementos de trabajo. El propósito de esto es que cada operario tenga la herramienta bajo su control, evitando que se presenten demoras ocasionadas por préstamos de herramienta entre diferentes maquinas, y/o perdida por falta del control.

El rediseño del puesto de trabajo consta de modificar dimensiones del mueble en el que se archiva la información y la herramienta de trabajo, distribución de espacios y de herramientas para el desarrollo de las tareas. Para esto se trabajó con base en la información del libro “Ergonomía en el diseño y la producción industrial”, escrito por el argentino e ingeniero Roque Ricardo Rivas, quien tiene un amplio conocimiento en biomecánica, ergonomía, gestión ambiental de la industria y del conocimiento.

En primera instancia se determinaron las dimensiones generales del mueble que estará delimitado además de los factores ergonómicos, por los servicios que el mueble debe prestar al operario. La superficie de apoyo es utilizada por los trabajadores para:

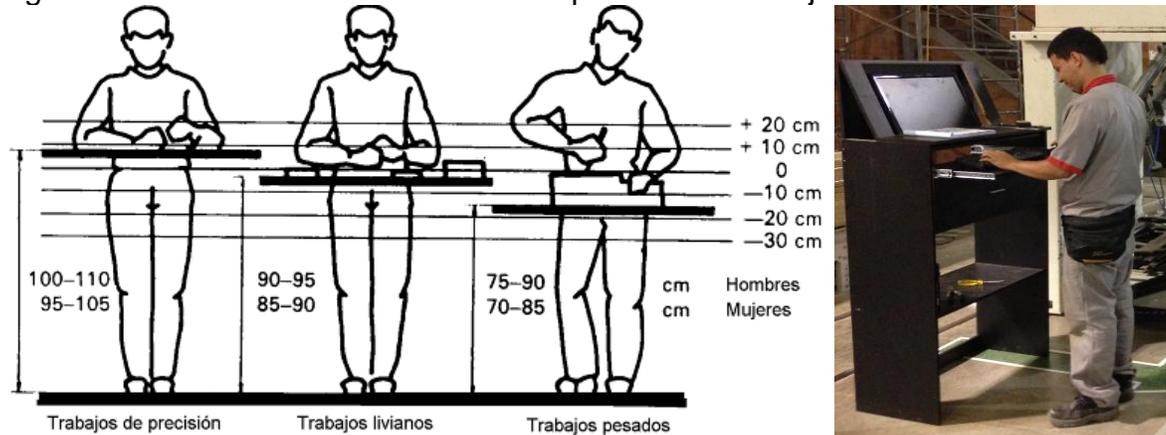
1. Llenar la minuta (ver foto a continuación), éste es el documento que diligencian los trabajadores mientras se hace la producción, para documentar los tiempos dedicados a cada actividad (ver tabla 2. Tiempo promedio de actividades para el Taladro 11C, durante el mes de agosto).
2. Analizar el plano y determinar cómo se perforará la pieza. En muchas de las ocasiones por la escala del plano y la dimensión del papel, las cotas son muy pequeñas, obligando al operador de la maquina acercarse mucho al papel o dirigirse a la oficina de producción para preguntarle a la persona encargada del manejo de la información para corroborar la cota.
3. Medir las brocas con el calibrador y determinar cuáles son las que se van a utilizar de acuerdo al diámetro, longitud y lado de giro requerido.
4. Asegurar las brocas a los porta brocas (Por medio de llaves allen).

La altura de trabajo debe estar determinada por la precisión que se requiere para hacer la tarea, el tipo de trabajo, la distancia visual, y el ángulo de la mirada; de acuerdo a las 4 actividades mencionadas en la parte superior, las dos primeras

hacen referencia a la distancia visual y las dos últimas a la precisión y el trabajo minucioso.

Para el desarrollo de la nueva propuesta se tuvo en cuenta el rango de estatura de todos los operarios de la planta, debido a que ellos están en constante rotación, y este tampoco es un factor que incida en la decisión de la asignación de esta operación. El rango de estaturas está entre 1580mm y 1730mm, razón por la cual la altura del original puesto de trabajo se sale de lo sugerido por Rivas, pues para las personas que tienen una estatura inferior a 1600mm, al apoyar sobre la mesa de trabajo, el antebrazo no queda en un posición horizontal como se recomienda, ni inclinado apuntando hacia abajo, sino por el contrario inclinado apuntando hacia arriba, posición que se presta para problemas musculo esqueléticos en hombro, área del cuello y músculos de la espalda que se relacionen con enfermedades de la columna vertebral. Teniendo en cuenta lo anterior y que la altura del objeto en trabajos de precisión debe estar lo más cerca a los ojos, preferiblemente con un ángulo de 40° respecto a los ojos, la nueva altura para la mesa de trabajo es la máxima recomendada por Rivas, es decir, 1200mm. De esta manera, la altura de la bandeja deslizante (Ver gráfico de la derecha) sobre la que el operario hará uso del teclado y mouse quedará a una altura de 1100mm sobre el suelo.

Figura 26: Alturas recomendadas en los puestos de trabajo.



*Ergonomía en el diseño y la producción industrial, Roque Ricardo Rivas, Nobuko, 2007, pag. 201.*

Se conservó el ancho de la mesa, que está delimitada además de los factores antropométricos, por el uso que se le da tanto a la superficie de apoyo, como a la parte inferior del mueble donde se almacenarán elementos de trabajo, como herramientas, objetos personales y de seguridad industrial. La profundidad del mueble se aumentó en 8cm, para poder dejar un espacio adecuado en la actividad

de diligenciar la minuta, conservando el ángulo para el posicionamiento de la pantalla de acuerdo a lo sugerido por Rivas, es decir 60° sobre la línea visual.

El nuevo diseño del puesto de trabajo quedará compuesto de las siguientes partes:

1. \*El espacio de trabajo tendrá un área especial para la ubicación de la pantalla / CPU del computador que tendrá la información digital de los planos, montada en la intranet de la organización. Dicha información estará organizada por las diferentes líneas que se manejan en la empresa y dentro de cada línea, los nombres de los muebles se encontraran en orden alfabético, facilitando la búsqueda de cada plano. El mouse y teclado, que permiten que el operario pueda encontrar la información, estarán en una bandeja deslizante, ya que estos elementos no se utilizaran con mucha frecuencia, solo antes de que el operario haga el alistamiento.
2. \*Inicialmente se había planteado colocar la herramienta en un módulo móvil que se puede incorporar al mueble mientras el operario no lo esté usando, con el fin de que cuando él necesite hacer el montaje, pueda desplazarlo hasta donde están los cabezotes, y no tenga que desplazarse hasta el mueble cada vez que necesite una herramienta, sin embargo, esto no reducía la fatiga del operario, pues éste debía seguir agachando y levantándose constantemente. Con base en técnicas de control visual, se plantea entonces un cajón con rieles o correderas metálicas, y divisiones internas que permitan organizar la herramienta y elementos personales de cada operario. Para evitar los desplazamientos del puesto de trabajo al taladro en la búsqueda de la herramienta, se propone el uso un elemento “portaherramientas” en el cual cada trabajador guardará los implementos que usa con mayor frecuencia.
3. \*Al eliminar las carpetas quedo un espacio adicional en la parte inferior que se dejara para que los trabajadores coloquen los lubricantes y material para el mantenimiento de la máquina, con el de que estén a la vista de los supervisores y facilite el control en el cambio de turno.

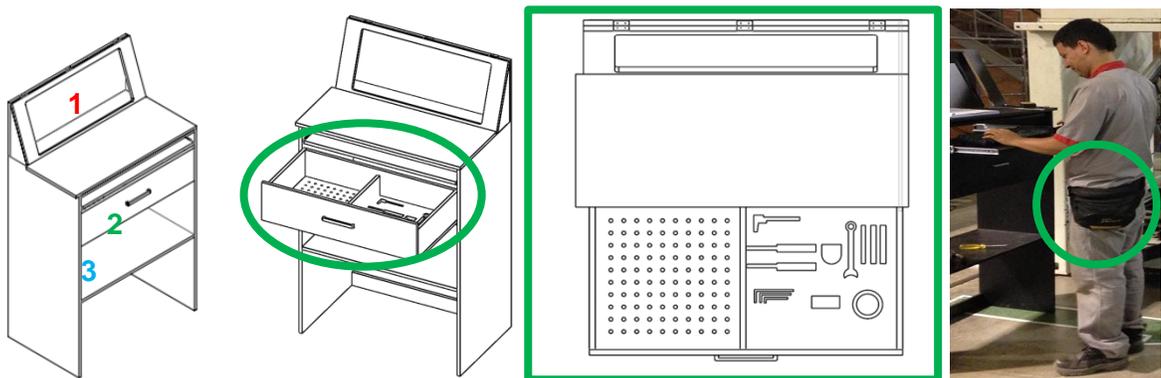
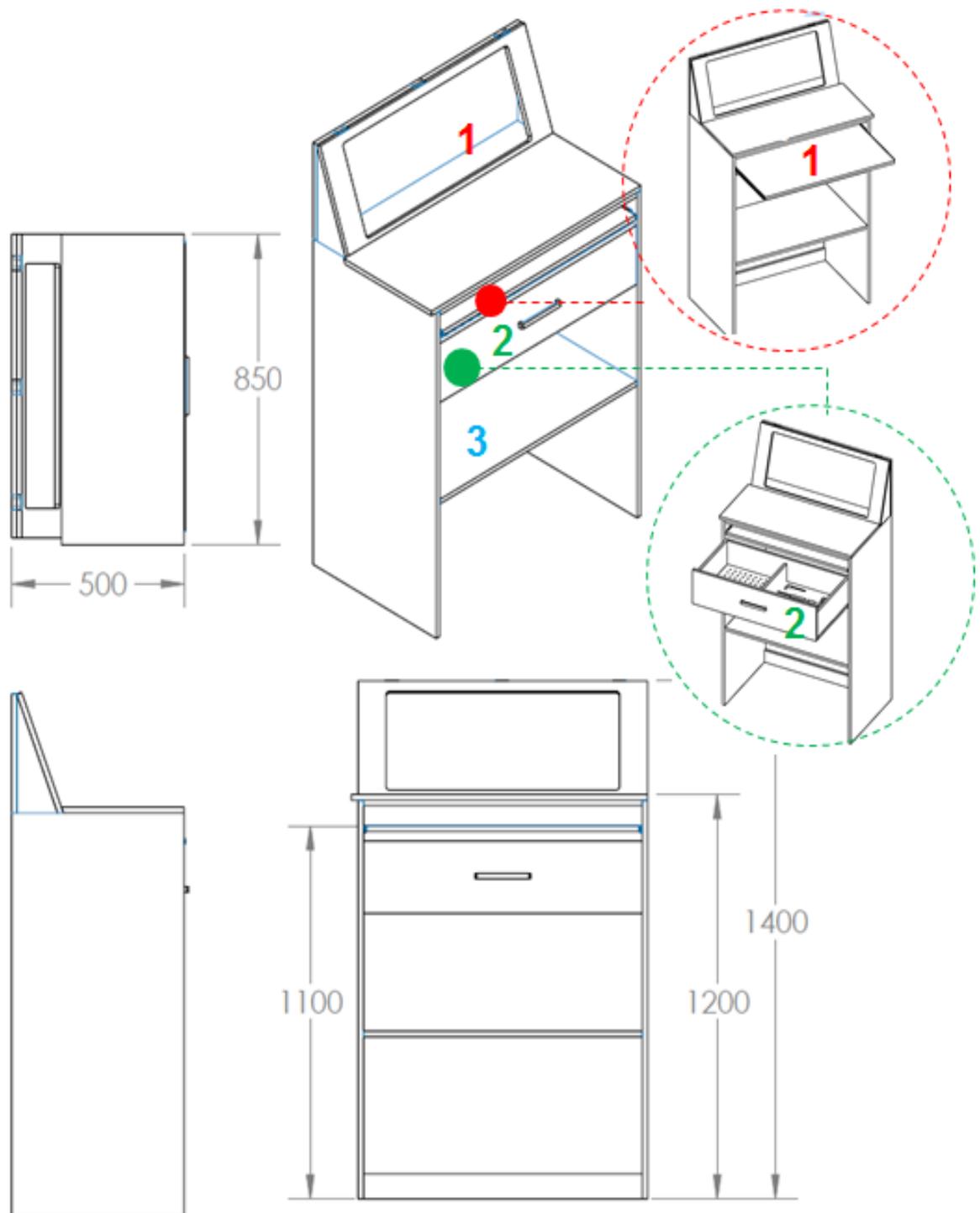


Figura 27: Propuesta de estación de trabajo (Taladro 11C)



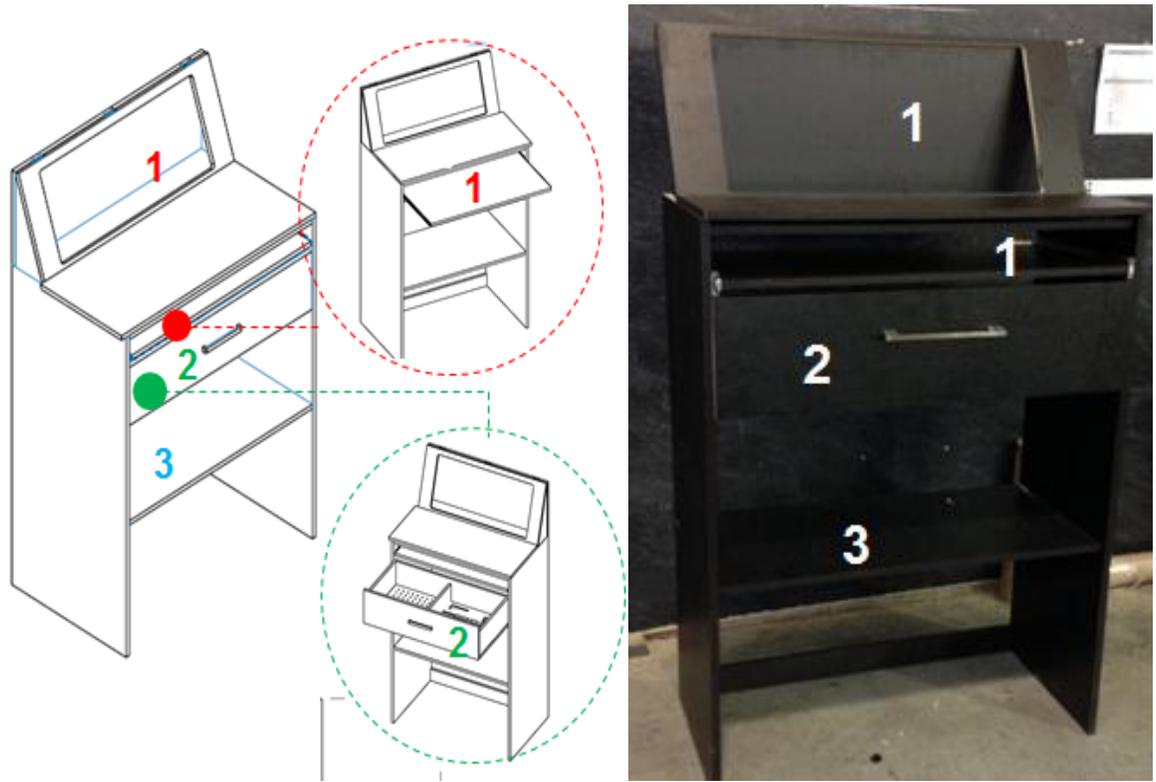
Fuente: Autora del proyecto.

Figura 28: Propuesta de estación de trabajo (Taladro 11C) en contexto:



Fuente: Autora del proyecto.

Figura 29 Relación de partes propuestas para el puesto de trabajo nuevo:



*Fuente: Autora del proyecto.*

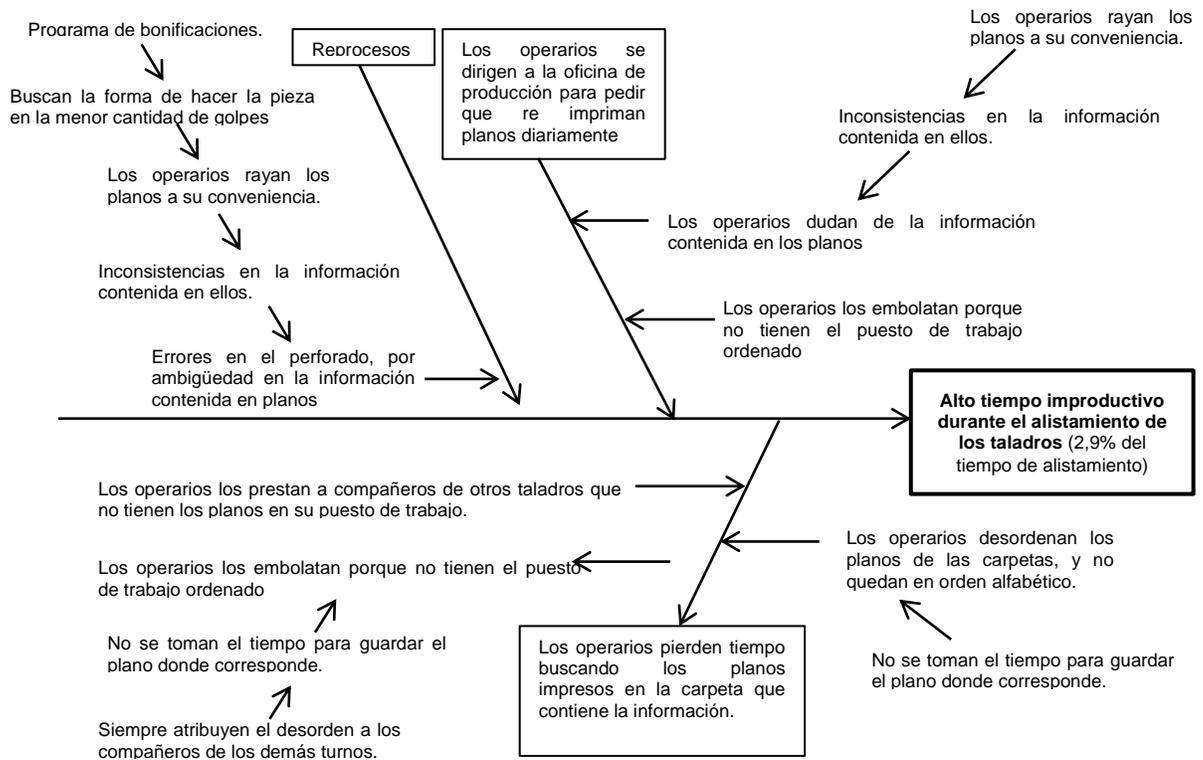
## **8.2. PROPUESTA 2 – ALMACENAMIENTO DIGITAL DE LA INFORMACION EN CADA PUESTO DE TRABAJO:**

Otra de las actividades que tiene incidencia en el tiempo total de alistamiento es “Buscar planos”, actividad que representa un 2,9% del tiempo total. Esto, la frecuente pérdida de planos que conlleva a estar imprimiendo diariamente hasta 2 por taladro en cada turno, el desorden de cada puesto de trabajo que se genera porque los operarios no se acostumbran a guardarlos en el respectivo orden y eventuales problemas que se presentan porque algunos operarios modifican medidas en los planos a conveniencia, para reducir la cantidad de golpes, ocasionando que al tener planos rayados en planta se crearan inconsistencias para perforar futuros lotes, reflejándose en dudas de los operarios y por ende desplazamientos hasta la oficina de producción para validar cual era la información correcta y así proceder a perforar las piezas, llevo a que se replanteara la forma de almacenar la información, a un medio digital, con el fin de apoyar la propuesta 2 de rediseño del puesto de trabajo basado en las técnicas 5S, y eliminar total posibilidad de que ellos modifiquen medidas, y tengan información incongruente en los puestos de trabajo. Esta propuesta permitirá que el puesto este mucho más ordenado, y eliminar el manejo de papel en planta. Únicamente quedara el papel de las minutas que los operarios llenan para registrar los tiempos, pero se tiene pensado a futuro que la minuta sea diligenciada por este medio para ser cargada directamente al centro de costos de la empresa. Esto se hizo con el apoyo del área de sistemas, ya que se plantea dejar los planos de perforado para cada mueble en unas carpetas almacenadas en la red de la empresa.

Se modificó la forma de almacenamiento de la información subiendo los planos a carpetas en la intranet, lo que facilita la búsqueda de los planos, el orden, y aprovechamiento de espacio en el puesto de trabajo. Todos los taladros tienen aproximadamente 12 carpetas en total, cada una con sobres plásticos y papel. Cada 6 meses se deben organizar, y cambiar las que estén en mal estado, ya que el constante uso las deteriora rápidamente, además de esto, desde hace 11 meses se contrató a una persona de archivo para la actualización de las carpetas, de tal manera que cada vez que salga un mueble nuevo a producción, la actualización se debe hacer en los 6 taladros y 2 centros de mecanizado que tiene la empresa. Se hizo un análisis del costo actual en el que se ha incurrido a la fecha en los materiales y personal mencionada anteriormente, sumada a la tinta para la impresión, y el costo aproximado es de 3.723.000 pesos.

A continuación un diagrama causa – efecto para ilustrar el problema con el almacenamiento actual de la información:

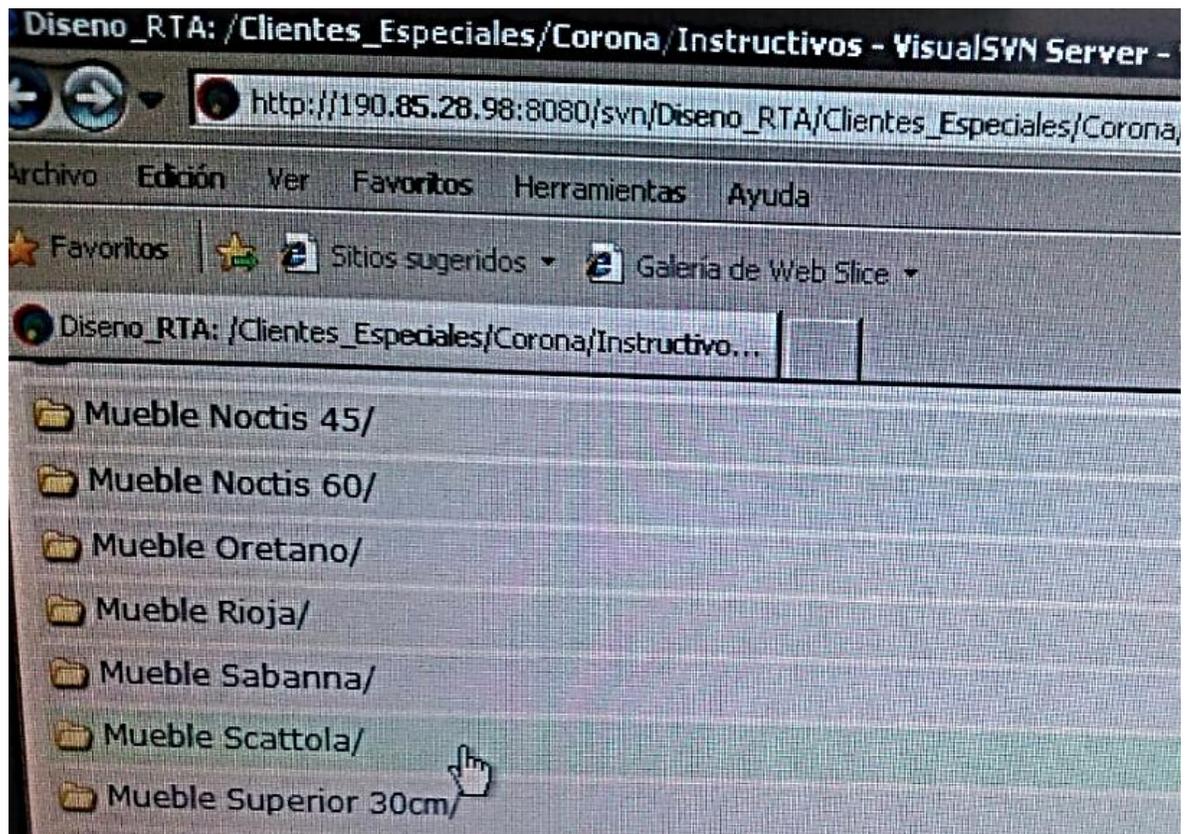
Figura 30: Diagrama Causa – efecto: Propuesta 2 “Almacenamiento digital de la información en cada puesto de trabajo”



Fuente: Autora del proyecto.

En la siguiente foto se puede apreciar como quedaron organizados los archivos en la intranet para el rápido y fácil acceso a los planos de perforado.

Figura 31: Propuesta de almacenamiento de la información en la intranet.



	<b>MUEBLE SCATTOLA PARA LAVAMANOS</b>		<b>LETRA:</b> <b>B</b>	<b>POSICIÓN:</b> <b>3</b>
	<b>Fda. Castro</b>	<b>PLANO NUMERO:</b>	<b>5 / 24</b>	
	<b>Manuel Guzmán B</b>	<b>UNIDADES:</b>	<b>ESCALA:</b>	
	<b>Fda. Castro</b>	<b>MM</b>	<b>1:4</b>	
<b>Febrero de 2013</b>	<b>SISTEMA:</b>	<b>NORMA:</b>		
		<b>ISO</b>		

Fuente: Autora del proyecto.

Figura 32: Diagrama de beneficios de Propuesta para el almacenamiento digital de la información en cada puesto de trabajo



## BENEFICIOS

1. Orden en el puesto de trabajo.
2. Aprovechamiento de espacio en el puesto de trabajo.
3. Facilidad en la búsqueda de los planos.
4. Ahorro en el costo de contratación de la persona encargada de la actualización de las carpetas
5. Ahorro en el costo de materiales para la impresión y archivo de la información (tinta, papel, sobres plásticos y carpetas).



\$3.723.000 cada mes.

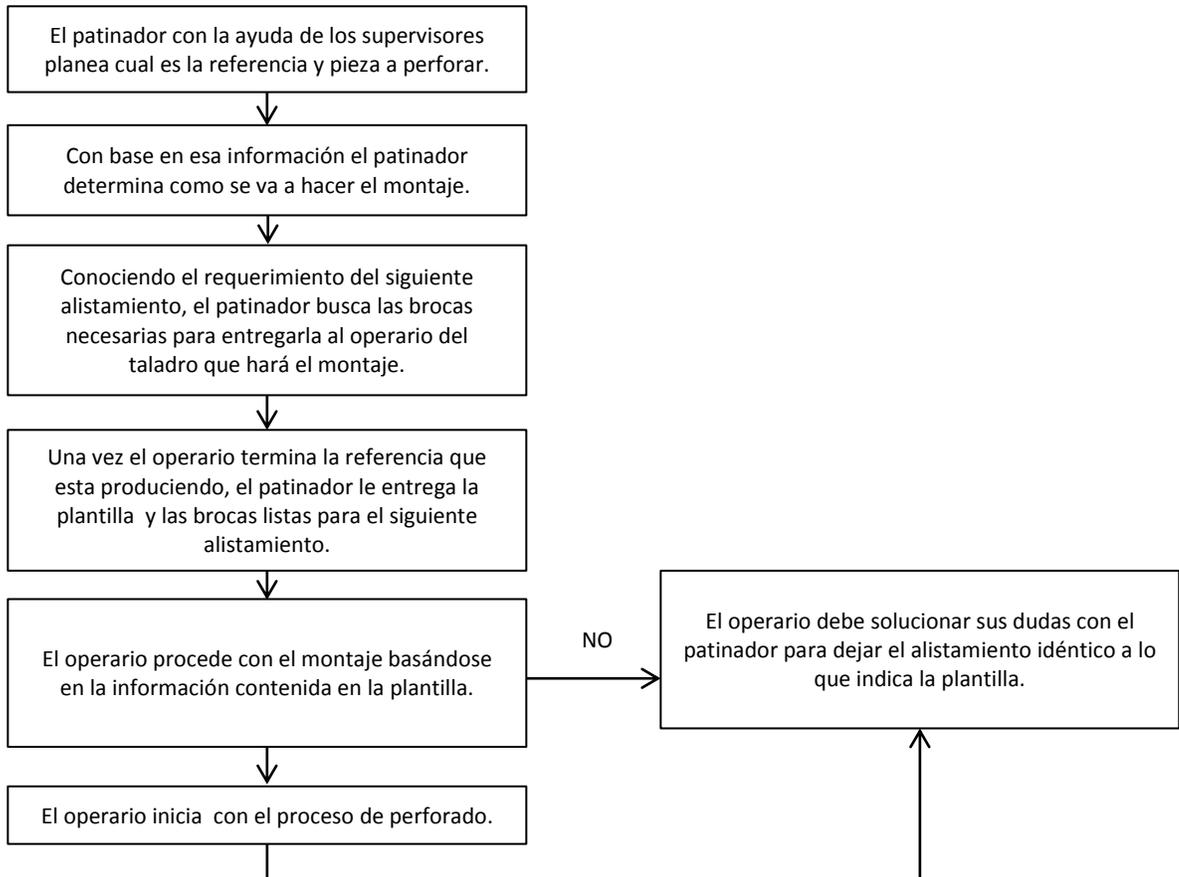
*Fuente: Autora del proyecto.*

### 8.3. PROPUESTA 3 - DISEÑO DE PLANTILLA PARA ALISTAMIENTOS.

La actividad en la que más tiempo se debe invertir es determinar cabezotes y husillos a utilizar, correspondiendo al 61,2% del tiempo total. Aunque esta actividad no se puede convertir en externa, se evaluará el desarrollo de un pre alistamiento que reduzca el tiempo del mismo. Dicho pre alistamiento puede ayudar a reducir el tiempo de una de las actividades más que el Pareto también muestra de alta relevancia, dicha actividad es “Analizar planos y determinar número de golpes” que corresponde al 6,3%. Las otras tres tareas que anteceden a ésta en orden de relevancia son “Retirar todos los mandriles del montaje que acabo de culminar y retirar el resto de brocas y organizarlas en el puesto de trabajo”, “Perforar la pieza de prueba para confirmar que las perforaciones estén bien realizadas” y “Alistar brocas” con el 11,8%, 6,4% y 2,9% respectivamente. Las dos primeras, son actividades que no pueden ser convertidas a externas, ya que la primera se puede hacer únicamente cuando la maquina no esté operando, la banda debe estar quieta y los husillos libres, es decir, cuando se termine de producir en la referencia anterior; y la segunda, se hace como comprobación antes de iniciar con la producción, debido a que las máquinas presentan cierto problema de calibración y no garantizan 100% la precisión de las posiciones en cabezotes y cabezales.

Con base en lo anterior, se diseñó una plantilla que consiste en un tablero en acrílico, representando la vista superior del taladro para el cual se desarrolló la prueba. El tablero tiene unas placas en el mismo material que representan los cabezotes y cabezales, los cuales deben ser dispuestos en la posición en que los mismos deben quedar al momento de hacer el montaje de la próxima referencia a producir. Lo que se propone es que los patinadores sean capacitados por los operarios que tienen más antigüedad en este proceso, para que sean ellos quienes preparen la disposición de la plantilla con plano de la pieza a perforar. Ésta persona dejará listo el montaje en la plantilla mencionada, para que cuando el operario del taladro termine de perforar el lote, simplemente la reciba y empiece a reproducir lo que tiene el tablero de la plantilla en los cabezotes reales del taladro. Él patinador también se encargará de entregar las brocas correctas y afiladas para dar total seguridad a la persona que va a hacer el alistamiento de que tiene disponibilidad de toda la herramienta, para que el faltante de la misma no vaya a ser un motivo de retraso.

Figura 33 Diagrama para la secuencia de montaje en taladro con plantilla

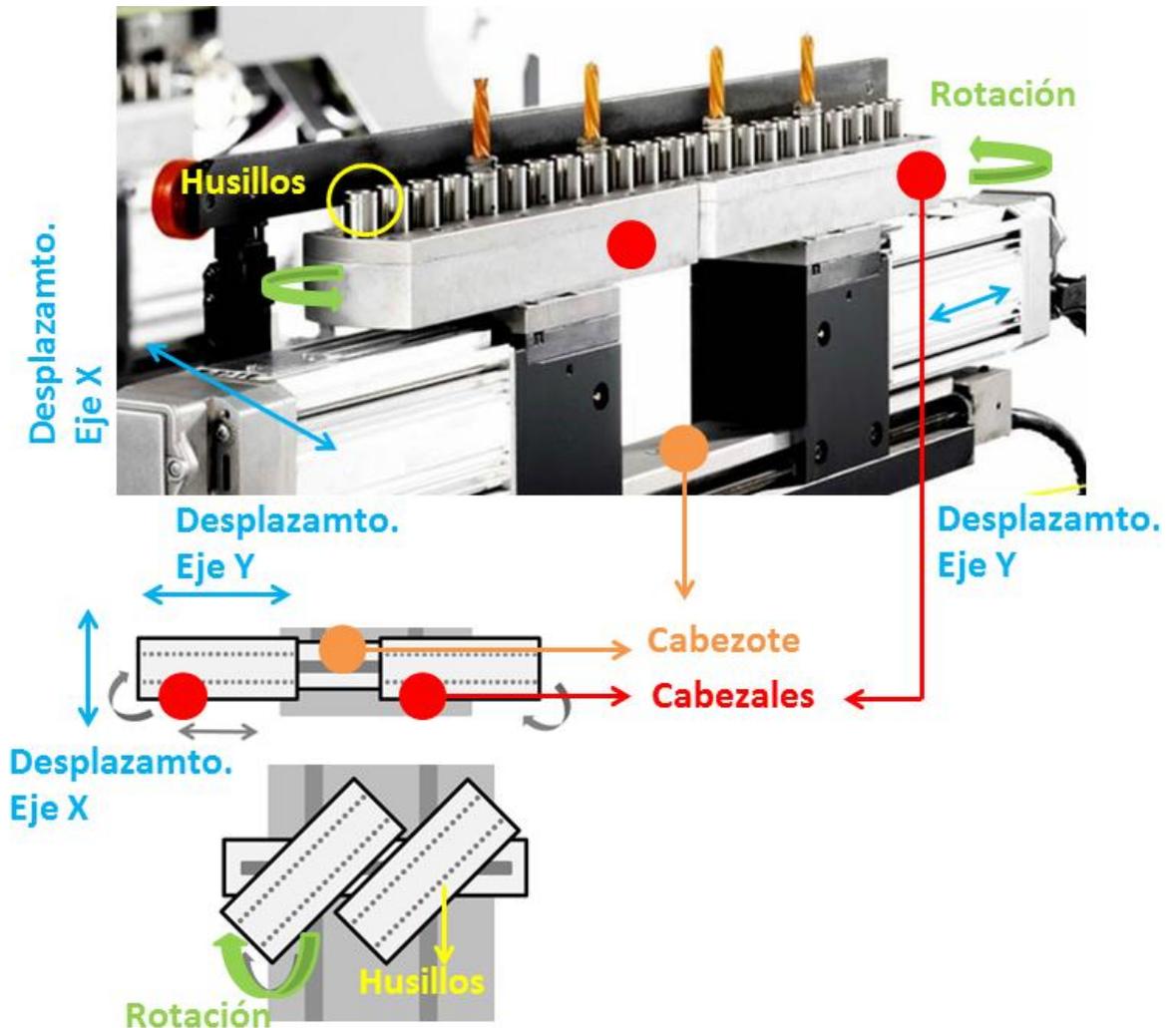


*Fuente: Autora del proyecto.*

La plantilla tiene dos ejes, X y Y, que representan los mismos movimientos de los cabezales en el taladro. El eje X es para el desplazamiento de los cabezales a lo largo del taladro, y el eje Y es para el desplazamiento de los cabezales a lo largo de los cabezales. Los cabezales (rectángulos pequeños) también tienen la opción de rotar para poder dejar cada uno en el ángulo aproximado requerido. Las pequeñas circunferencias representan los husillos del taladro, donde el patinador indica en cuáles de ellos el operario debe colocar las brocas que ya están dispuestas.

Para la prueba de la plantilla, y con el objetivo de lograr una familiarización de los trabajadores con la herramienta, se tuvieron en cuenta los 4 cabezales superiores y los 2 horizontales. En caso de que la implementación se lleve a cabo, la plantilla se debe hacer con otro panel que represente el cabezote superior.

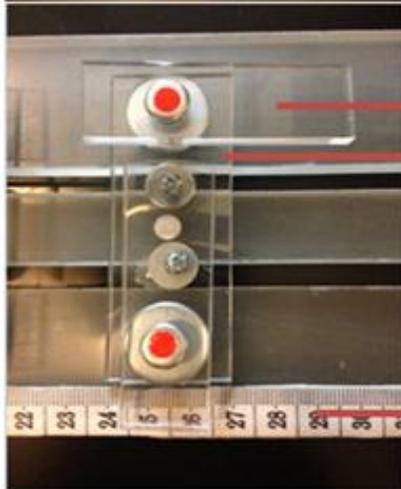
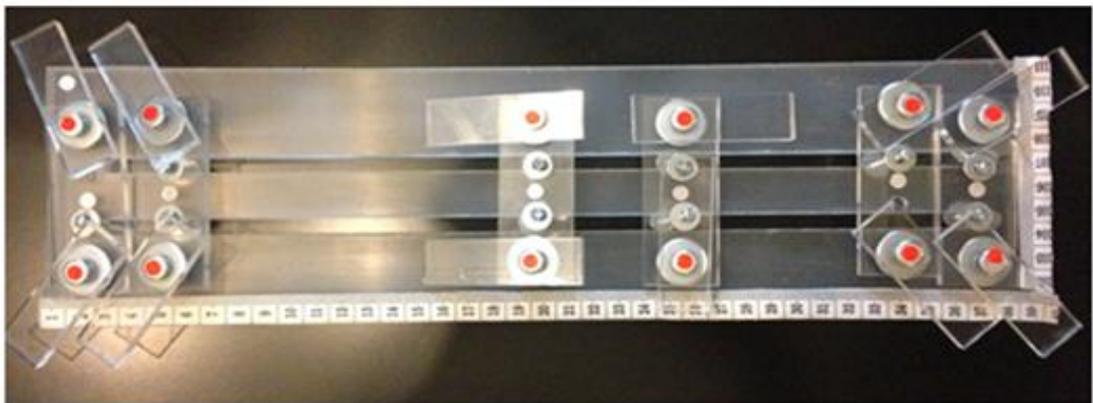
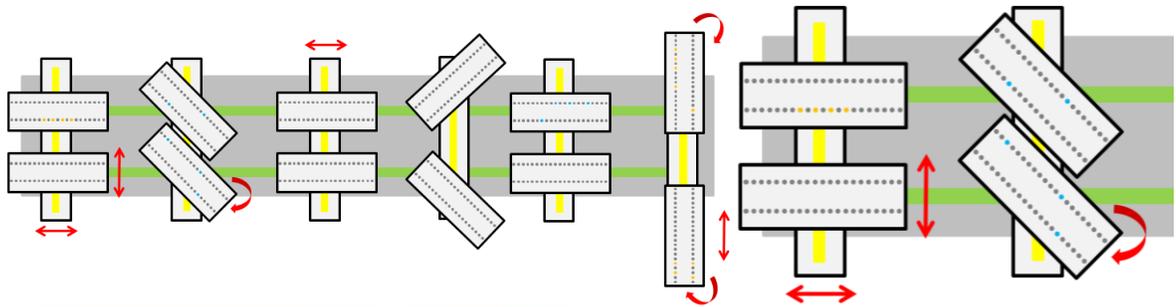
Figura 34: Relación formal de plantilla para alistamiento VS taladro y sus partes:



Fuente: Autora del proyecto.

El operario manejará la plantilla igual a como se maneja el taladro, es decir, tendrá la libertad de desplazar los cabezotes en sus dos sentidos X y Y (ver gráfico anterior), y rotar los cabezales de acuerdo a la configuración que deba tomar la máquina, por ejemplo, en la imagen adjunta en la parte superior los cabezales se encuentran alineados con el cabezote, y la imagen gráfica en la que se indican los desplazamientos, cabezales y cabezotes también lo están. El objetivo con la plantilla, es que el operario haga una relación formal de esta con el taladro, para que en la plantilla haga el montaje como si esta fuera la representación a escala del equipo.

Figura 35: Propuesta de plantilla para alistamiento en taladros.



CABEZAL: Rotación y desplazamiento en eje Y

CABEZOTE: Desplazamiento en eje X

NUMERADORES: Distancia para posicionar pieza.

Fuente: Autora del proyecto.

El operario debe ingresar una información en los numeradores que indican la posición que debe tomar cada cabezal, esta información el operario la representará con base en la regla que se ha ubicado en uno de los lados de la plantilla, tanto en eje X, como en eje Y (ver fotografía de la parte superior). A continuación una foto donde el operario esta haciendo un alistamiento, para el cual se encuentra graduando los cabezotes a utilizar.

Figura 36: Ingreso de información en numeradores de taladro múltiple.



*Fuente: Autora del proyecto.*

Teniendo en cuenta que esta plantilla permitirá que el alistamiento sea hecho con más tiempo y sin la misma presión que si se tuviera la maquina parada, y además por personas con antigüedad en la compañía, que ya están completamente familiarizados con el procedimiento, ésta plantilla funcionaria como un sistema pokayoke, pues estaría minimizando el riesgo de que una persona nueva se equivoque ocasionando re procesos durante la producción. La persona nueva se responsabilizará de transmitir la información veraz y a tiempo para que los demás trabajadores se encarguen de ejecutar la maquina con base en la información entregada.

## 9. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

La aplicación de las propuestas 1 y 2 arrojaron una reducción promedio del tiempo en los alistamientos para el taladro 11C de 8,2%. Al finalizar este capítulo se visualiza un diagrama operador máquina, cuyos datos fueron tomados finalizando el primer semestre del año 2014, que contrastados con el mismo diagrama con información recopilada en Septiembre de 2013 (ver diagrama realizado para el 2013, página 41), muestran claramente la reducción del tiempo en el alistamiento para el mismo taladro, donde se está aprovechando 4 minutos el tiempo de operación en un solo montaje.

En la tabla 7 se puede apreciar que el promedio de alistamientos en el día es de 7 para el taladro donde se realizó la prueba piloto, se podría decir entonces que con la implementación de la propuesta 1 y 2 aproximadamente se está teniendo un ahorro de 28 minutos durante el día, lo equivalente a 12 horas en el mes, o 18 turnos durante un año por taladro.

*Tabla 7: Resultado de ahorro en tiempo de alistamiento mediante la aplicación de la prueba piloto en el taladro 11C, analizado con un diagrama operador – máquina.*

AHORRO DE TIEMPO EN EL ALISTAMIENTO DE TALADRO 11C, CON APLICACIÓN DE PROPUESTAS 1 Y 2		
Tiempo ahorrado por alistamiento	4	Minutos
Numero promedio de alistamientos /día	7	Alistamientos
Ahorro con prueba piloto	28	minutos / día
	12,6	horas / mes
	18,9	turnos / año

*Fuente: Autora del proyecto.  
proyecto.*

Ahora para tener un dato aproximado de las unidades adicionales que se podrían producir con el ahorro de tiempo que se obtuvo con la prueba piloto, de acuerdo a la producción de los últimos 3 años, el número de golpes promedio y la cantidad de muebles empacados por cada día, se podría decir que el incremento de la producción durante el día puede estar alrededor del 6%, que en un año, representa aproximadamente un total de 16.346 muebles adicionales, dado el caso en que la empresa trabajara los 3 turnos del día sin labor los días festivos.

A continuación una tabla con el estimado de la producción, bajo el supuesto de que la propuesta se aplicó al proceso de perforado, durante los años 2010 al 2013.

*Tabla 8: Incremento aproximado de unidades producidas por día, aplicado a años anteriores (bajo el supuesto de que se planteó la prueba en los años 2010, 2011, 2012, y 2013)*

Año	Prom. de Golpes / día	Prom. de Golpes / hora	Golpes aprovechados durante el día (0,46 horas /día)	Muebles / día	Incremento de Muebles producidos / día	Incremento en producción / día
2010	9856	411	189	578	32	5,56%
2011	15786	658	303	1059	51	4,86%
2012	14449	602	277	732	47	6,43%
2013	16611	692	318	804	54	6,73%

*Fuente: Autora del proyecto.*

Se podría decir entonces que además del incremento en la producción, se tiene un ahorro mensual de los materiales utilizados en el manejo de la información física y el costo de la persona que actualizaba y organizaba la información, lo equivalente a \$3.723.000 pesos mensuales.

De acuerdo al análisis de tiempo descrito anteriormente, y teniendo en cuenta que en la medida en que un taladro es más pequeño (tiene menos husillos), y por tanto el tiempo de alistamiento es inferior, se podría decir que está en la capacidad de hacer más montajes al día. Con base en ello, si se aplicara la prueba a los demás taladros, el ahorro en tiempo sería mayor que en taladro 11C en el que se hizo la prueba piloto, pues el aprovechamiento se está dando gracias a que se reduce la cantidad de desplazamientos, se mejora la disponibilidad de la herramienta, y que esto está directamente asociado con el número de montajes que el operario realice al día, por lo tanto el tiempo ahorrado en alistamientos para los taladros pequeños podría incluso ser superior al mencionado anteriormente, esto varía dependiendo de la cantidad de alistamientos que se hagan durante el día.

La propuesta 3 implicaba el uso de un elemento nuevo para los trabajadores de la organización, las pruebas se realizaron por una semana, una vez al día y durante el turno de la mañana o tarde. Ésta se hizo con los 3 operarios titulares del taladro escogido, pero en ninguno de los casos el resultado fue satisfactorio. Los trabajadores no fueron receptivos, pues aunque el patinador hacía el montaje sobre la plantilla de forma correcta, cuando la entregaba al titular para que procediera con el montaje, se generaban muchas dudas que implicaban que Él se tomara a la tarea de revisar la plantilla con el plano, para verificar que el montaje realmente se podía hacer de la forma planteada, o buscar al patinador para solucionar las dudas.

Un aspecto que reconocieron los operarios de la maquina al hacer el ejercicio, fue la tarea que se tomaba el patinador para dejar las brocas necesarias a total disponibilidad, pues en algunas ocasiones los desplazamientos a la oficina por brocas que estaban agotadas o sin afilar generaba demoras y largos desplazamientos, afectando el tiempo de operación de cada trabajador.

Algunos de los operarios de los demás taladros y con mas antigüedad en la empresa expresaron inconformidad con esta nueva forma de desarrollar los alistamientos, porque expresaban que debido a la frecuencia con la que se producen algunos muebles, y que varios de ellos guardan cierta similitud, ellos ya tenían casi de memoria algunos de ellos, y que de acuerdo a esto, les tomaba mas tiempo usar la plantilla, que seguir haciendo los montajes como se han hecho anteriormente.

Aunque la prueba no tuvo éxito, es importante recalcar la buena acogida que tuvo la propuesta de que una persona se encargara de dejar disponible la herramienta para que el operario ejecute la tarea sin demoras generadas por desplazamientos innecesarios, esto puede ser una idea para trabajar a futuro. De acuerdo a la experiencia, también se puede concluir que hizo falta una presentación previa a la prueba donde se le mostrara a los trabajadores el beneficio de la propuesta y de manera detallada, el uso que se le debía dar a la plantilla, pues las pruebas realizadas fueron durante el mismo turno y aunque la comunicación fue directa, no se vendieron los beneficios que ella traía tanto para la organización, como para cada trabajador.

Al ver que los patinadores fueron tan receptivos a la idea, y que el problema estaba en la recepción de la información por parte de los operarios titulares de maquina, a futuro se podría pensar, no en una plantilla, sino en una persona con bastante antigüedad y mucha experiencia en el proceso, para que mientras el taladro está en operación, El analice el plano y vaya determinando cual va a ser la posición de cabezales, cabezotes y husillos, y así mismo se encargue de tener la herramienta disponible; una vez termine de operar la maquina, esta persona se encargará de hacer el alistamiento para proceder con la siguiente referencia. Esto evitara dudas y malas interpretaciones con la información que se suministra y además deja la responsabilidad en una sola persona garantizando la agilidad durante el proceso.

A continuación una entrevista realizada a una de las personas que operan el taladro:

**Oscar Penagos**

**“Prueba de plantilla para pre alistamientos”**

Oscar Penagos es un trabajador de 35 años de edad, contratado directamente por la compañía y con 10 años de antigüedad. De este tiempo, 4 años ha trabajado en

los tres taladros múltiples más grandes. Oscar fué una de las personas con las que se practicó la prueba piloto de la plantilla y posterior a la prueba se le hizo la siguiente entrevista con el fin de conocer la experiencia y el cumplimiento con sus expectativas.

#### **De acuerdo al proceso actual:**

1. Como considera el proceso actual de los montajes en los taladros?

*“Para los que llevamos mucho tiempo en la empresa es fácil porque nos acostumbramos, pero para los muchachos nuevos es difícil, se demoran mucho en aprender, porque los planos no vienen todos a sistema 32 y entonces es difícil el montaje”.*

Que piensa respecto al tiempo?

*“Para los nuevos es demorado, pero para nosotros los viejos el tiempo se mejoró mucho cuando los planos se empezaron a dejar en sistema 32”.*

2. Cuales cree que son los principales problemas que se presentan actualmente durante el montaje del taladro?

*“Que los operarios que son nuevos no saben; los planos que no tienen sistema 32; la diferencia de las piezas que se perforan, no es lo mismo perforar un lateral de un Verona, y perforar un lateral de una Mesa súper eco.*

3. Que aspectos considera que se pueden mejorar dentro del montaje del taladro para reducir los tiempos y mejorar el proceso?

*“Enseñarles a los muchachos nuevos como entender un plano antes de ponerlos en las máquinas, y que todos los planos estén a sistema”.*

#### **De acuerdo a la experiencia con la plantilla:**

4. Entendió fácilmente el funcionamiento de la plantilla?

*“Es fácil entenderla, porque es igual al taladro, pero algunos montajes de la plantilla no se pueden hacer porque cuando se van a pasar el taladro, los cabezotes se chocan y toca hacerlo otra vez”.*

5. Que problemas detectó en esta nueva forma de hacer el montaje?

*“Que los cabezotes de los taladros no pueden ponerse de cualquier forma, mientras que estos sí, y a veces no sirven”.*

Como así, porque no sirven?

*“Porque en estos taladros los cabezotes no se pueden colocar de cualquier forma, mientras que en la plantilla si, y eso hace que a veces perdamos tiempo”.*

6. Considera que esta forma de hacer el montaje beneficia o afecta negativamente el proceso?

*“Es muy buena y se puede mejorar, creo que lo beneficia”.*

7. Que mejoraría en esta propuesta para facilitar y hacer mas rápido el proceso?

*“Colocando los topes de los cabezotes en la plantilla para que los montajes sirvan iguales”.*

Tabla 9: Diagrama de operador máquina después de la implementación de la prueba piloto.

DIARGAMA OPERADOR MAQUINA.			
FECHA	Julio de 2014		OPERACIÓN:
DESARROLLÓ	Angela Hoyos.		Alistamiento de taladro 11C
ACTIVIDAD 1 OPERADOR		TIEMPO EN MINUTOS	ACTIVIDAD 2 MÁQUINA
Retirar mandriles y brocas y organizarlas en el puesto de trabajo.	1	Ocioso	
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
Busqueda de planos y detreminacion de numero de golpes que se le dará a la pieza.	7		
	8		
	9		
	10		
Deteriminación de cabezales, cabezotes y husillos a utilizar.	11		
	12		
	13		
	14		
	15		
	16		
	17		
	18		
	19		
	20		
	21		
	22		
	23		
	24		
	25		
	26		
	27		
	28		
	29		
	30		
	31		
	32		
	33		
	Selección de herramientas para hacer nuevo montaje.		34
	35		
Acomodación de cabezotes y cabezales.	36		
	37		
Selección de brocas.	38		
	39		
Posicionamiento de brocas.	40		
	41		
Verificacion de montaje sobre pieza seleccionada.	42		
	43		
	44		
Ajuste para calibracion de máquina.	45		
	46		
Perforado. Máquina en proceso.	47		Tiempo de máquina (Perforado)
	48		
	49		
	50		
	51		
	52		
	53		

Tiempo aprovechado por alistamiento 4mm.

Fuente: Autora del proyecto.

Tabla 10: Comparativo de diagrama operador – maquina, antes y después de la prueba piloto:

DIARGAMA OPERADOR MAQUINA.				DIARGAMA OPERADOR MAQUINA.			
FECHA	Septiembre de 2013		OPERACIÓN:	FECHA	Julio de 2014		OPERACIÓN:
DESARROLLO	Angela Hoyos.		Alistamiento de taladro 11C	DESARROLLO	Angela Hoyos.		Alistamiento de taladro 11C
	ACTIVIDAD 1 OPERADOR	TIEMPO EN	ACTIVIDAD 2 MÁQUINA		ACTIVIDAD 1 OPERADOR	TIEMPO EN MINUTOS	ACTIVIDAD 2 MÁQUINA
		1				1	
		2				2	
		3				3	
		4				4	
		5				5	
		6				6	
		7				7	
		8				8	
		9				9	
		10				10	
		11				11	
		12				12	
		13				13	
		14				14	
		15				15	
		16				16	
		17				17	
		18				18	
		19				19	
		20				20	
		21				21	
		22				22	
		23				23	
		24				24	
		25				25	
		26				26	
		27				27	
		28				28	
		29				29	
		30				30	
		31				31	
		32				32	
		33				33	
		34				34	
		35				35	
		36				36	
		37				37	
		38				38	
		39				39	
		40				40	
		41				41	
		42				42	
		43				43	
		44				44	
		45				45	
		46				46	
		47				47	
		48				48	
		49				49	
		50				50	
		51				51	
		52				52	
		53				53	
	Retirar mandriles y brocas y organizarlas en el puesto de trabajo.				Retirar mandriles y brocas y organizarlas en el puesto de trabajo.		
	Busqueda de planos y detreminacion de numero de golpes que se le dará a la pieza.				Busqueda de planos y detreminacion de numero de golpes que se le dará a la pieza.		
	Deteriminación de cabezales, cabezotes y husillos a utilizar.		Ocioso		Deteriminación de cabezales, cabezotes y husillos a utilizar.		Ocioso
	Selección de herramientas para hacer nuevo montaje.				Selección de herramientas para hacer nuevo montaje.		
	Acomodación de cabezotes y cabezales.				Acomodación de cabezotes y cabezales.		
	Selección de brocas.				Selección de brocas.		
	Posicionamiento de brocas.				Posicionamiento de brocas.		
	Verificacion de montaje sobre pieza seleccionada.				Verificacion de montaje sobre pieza seleccionada.		
	Ajuste para calibracion de máquina.				Ajuste para calibracion de máquina.		
	Perforado. Máquina en proceso.		Tiempo de máquina (Perforado)		Perforado. Máquina en proceso.		Tiempo de máquina (Perforado)

Fuente: Autora del proyecto.

## 10. CONCLUSIONES

Se iniciará con una conclusión general, y después se puntualizará en cada propuesta desarrollada y probada, con el fin de determinar los planes de mejora para la futura ejecución en los demás taladros.

A nivel general y con base en los resultados obtenidos, es válido afirmar que cualquier intervención por mínima que se haga en un proceso, y siempre y cuando sea bien recibida por las personas que ejecutan la labor mediada, es válida y susceptible de mejora.

Una reducción en los tiempos de alistamiento en un 8.2% y con posibilidades de mejora gracias a la intervención exitosa de 2 propuestas es relevante, pues la aplicación de la prueba piloto en el taladro 11C, arrojó un aprovechamiento de 4 minutos promedio por alistamiento, lo equivalente a 18 turnos durante un año. De acuerdo a lo que se menciona en el capítulo de presentación y análisis de resultados, si se hiciera la implementación en los otros 5 taladros, el tiempo aprovechado aproximadamente durante un año correspondería a 108 turnos o 36 días hábiles de trabajo, adicional al ahorro en MO y material físico para la organización de planos, que ya no será necesaria gracias a la propuesta 2, la cual plantea digitalizar la información, dicho ahorro corresponde a 3.723.000 pesos mensuales.

Al tener un mayor tiempo productivo, se incrementaría la capacidad en el proceso de perforado dando cabida a la propuesta del plan de mantenimiento que se mencionará al final de este capítulo. Claramente en caso de que esto se pudiera llevar a cabo, más adelante este incremento de capacidad se puede ver reflejado en más unidades producidas al mes, pues el proceso posterior a perforado es empaque, y las causas de las demoras son faltante de herrajería o problemas de perforado relacionados con falta de precisión o errores durante el proceso. Éste segundo problema se puede minimizar delegando a una sola persona con suficiente experiencia para que se responsabilice de los alistamientos en todos los taladros; para lo concerniente a herrajería, la sugerencia va encaminada a hacer una mejor planeación, para que cuando se ejecute la propuesta en los demás taladros esto no sea un problema que genere retrasos al momento de empacar y realmente se pueda ver un aumento en las unidades empacadas.

La propuesta 1 (rediseño del puesto de trabajo) generó un ambiente positivo para los operarios, pues se presentaba mucho desorden, y aunque algunos de los

trabajadores hacían su mejor esfuerzo por tener el puesto de trabajo ordenado, conservar esto durante los 3 turnos del día era difícil. Gracias a la nueva distribución de la herramienta y a que los operarios ahora tienen un espacio destinado especialmente para la herramienta y las brocas, la disponibilidad de cada una de ellas mejoró significativamente (llaves allen, brocas, calibrador, flexómetro y llaves hexagonales), pues ya no se presentan problemas por pérdida, y la clasificación de cada elemento facilitó la búsqueda y el control por parte de los operarios durante el turno, y por parte de los supervisores en el cambio del mismo.

La propuesta 2 (nueva forma de almacenar la información) tuvo una excelente acogida, pues el acceso y navegación en la intranet de la organización es muy fácil, además ya los operarios no deben desplazarse hasta la oficina de producción por dudas generadas en planos rayados o cotas ilegibles. El tiempo de búsqueda también se redujo, pues ahora encontrar un plano toma aproximadamente 8 segundos, mientras que antes con el medio impreso, era aproximadamente de 43 segundos y a pesar de que cada 6 meses se actualizaban las carpetas, los planos no se conservaban organizados alfabéticamente, ni las carpetas en su lugar, dificultando el proceso de búsqueda.

La propuesta 3, (plantilla para hacer pre alistamientos) pretendía reducir el tiempo de los alistamientos para las actividades que se debían hacer simultáneas a la operación de la máquina. Ésta no tuvo éxito pues en las pruebas desarrolladas, se presentaba mucha dificultad para determinar la posición de los cabezales y cabezotes. El operario en algunas ocasiones debía medir en repetidas ocasiones para asegurarse de que cuando los cabezotes adoptaran posiciones especiales (posiciones diferentes a ángulos de 45°, 90° y 180° con respecto el frente del taladro) no se iban a chocar entre sí. Otro aspecto que se detectó fue la constante repetición de pre alistamientos, que por ejemplo, para muebles de alta rotación en algunas ocasiones se hacía hasta 2 y 3 veces por semana, lo cual también resultaba siendo pérdida de tiempo. Cuando el operario recibía la información en la plantilla, sentía cierta desconfianza, por lo que terminaba buscando al patinador para preguntar y corroborar información.

## 11. RECOMENDACIONES

- Para evitar las causas que no permitieron el éxito de la propuesta 3, se plantea diseñar un manual de restricciones para cada taladro, donde se registren las limitantes referentes a movimientos de cabezales y cabezotes, con el fin de que los operarios tengan conocimiento de las posiciones que éstos no pueden tomar y no se pierda tiempo analizando esto. Actualmente cada taladro múltiple tiene un pequeño manual con las limitantes, pero solo con lo relacionado a las dimensiones mínimas y máximas de piezas a perforar.

El impacto de esta propuesta será mucho más significativo debido a que el tiempo que se invierte en planear como se dispondrán los cabezales y cabezotes del taladro corresponde a más del 50% del tiempo total de alistamiento.

Pensado a futuro, y debido a que requiere de mucho tiempo no solo por parte del área de producción, sino también en el cambio de metodología en el área de diseño, para contrarrestar el problema que se genera por la alta rotación de algunos muebles, y que implica el desarrollo de dos y hasta tres alistamientos iguales en una misma semana, se sugiere que a futuro los diseñadores de la organización no desarrollen los planos basados en la pieza a perforar, sino en la distribución de los cabezales, cabezotes y husillos a utilizar. Si los planos son lo suficientemente claros, los operarios no tendrán que invertir tiempo en pensar en la disposición, sino que desde el área de diseño, ya la información estará lista para ser replicada en cada taladro. Es importante tener en cuenta que en caso de que esto se llevase a cabo, los planos se deberían hacer para cada golpe, en cada taladro, lo cual requiere de más tiempo invertido por parte del área de diseño para el desarrollo de planos.

- A nivel general, para las 3 propuestas, y teniendo en cuenta que todas involucran un factor en común que es el recurso humano, se sugiere que en los proyectos a futuro haya una mayor intervención por medio de jornadas de capacitación al área operativa con la participación de personal con conocimiento en el área, permitiendo su constante participación para poder lograr con mayor éxito el cumplimiento de los objetivos planteados.
- Uno de los aspectos que presenta una alta incidencia en el resultado negativo de los tiempos de alistamiento es el estado de los equipos, ya que en la mayoría de ellos se presentan problemas de calibración, lo que dificulta el proceso, y a su vez afecta la calidad del producto, generando más demoras tanto en la preparación de los taladros, como en la operación de la maquina, pues requiere de constante verificación y ajuste para garantizar la precisión de las piezas procesadas. Estos equipos a diferencia de los de control numérico computarizado, tienen un manejo netamente manual (mediante manivela), lo

cual limita la posibilidad de adecuarlos para que trabajen de esta misma manera. Para ello y debido a que en la empresa no hay un programa de mantenimiento preventivo, por medio de la investigación realizada se busca presentar una propuesta a la gerencia para la implementación de un programa que permita mantener los taladros en mejores condiciones y de esta manera reducir la variabilidad que se da al momento de operar, pues esto genera un problema: El tiempo adicional durante el alistamiento para que el operario logre cuadrar los cabezotes. Esto debería hacerse con los numeradores, pero al no estar calibrados, el operario debe hacer las mediciones de forma manual con el flexómetro, lo cual implica que el montaje se demore más y haya una mayor probabilidad de que las perforaciones de la pieza no queden a la medida requerida, así mismo para lotes con mayor número de piezas el operario debe parar la máquina varias veces para además de verificar, calibrar los cabezotes a la medida correcta.

El plan de mantenimiento se planteará mostrando los beneficios que se obtuvieron con la implementación de la prueba piloto, aplicando las propuestas 1 y 2 en el taladro 11C, con la que se obtuvo una reducción del tiempo en los alistamientos promedio de 8,2%, es decir, un ahorro de 28 minutos durante el día, equivalente a 12 horas en el mes, o 18 turnos durante un año por cada taladro. Lo anterior no solo pensando en capacidad del proceso, sino en el aprovechamiento que la empresa puede tener en MO, debido a que cada taladro grande (8, 9 Y 11 cabezotes) tiene dos operarios por turno y trabaja durante los 3 turnos cada día.

## 12. LECCIONES APRENDIDAS

Para el desarrollo de este proyecto, el cual fue netamente de campo y de tipo experimental, se aplicaron conceptos de algunas técnicas de lean manufacturing. Para la propuesta 3 se tuvieron en cuenta aspectos relacionados con SMED (Single Minute Exchange of Die). Esta metodología y para el enfoque que se le dió en el proyecto, en donde los operarios debían hacer uso de una plantilla, entra a jugar un papel muy importante la parte cultural de la organización, y el acompañamiento del jefe con la experiencia necesaria, aspectos que quedan haciendo falta en la aplicación de la prueba piloto.

Es necesario para la implementación de herramientas como ésta, el acompañamiento de un jefe que supervise y apoye las tareas a realizar, preferiblemente con un equipo de trabajo y metas establecidas; la forma de medir la mejora del proceso, pues para este caso fué un factor que por no estar diseñado pensando en esta propuesta, afectaba el cumplimiento de las metas; el tiempo también es relevante, pues son propuestas que requieren de una curva de aprendizaje, nuevos métodos de trabajo, y constante esfuerzo y dedicación, características que no son logradas fácilmente en un corto plazo.

### **13. INVESTIGACIONES FUTURAS:**

Se propone buscar una manera ágil de hacer unas plantillas predeterminadas para cada golpe que requiera la pieza para que los operarios en vez de trabajar con el plano de perforado, lo hagan con un plano que les indique la disposición en la que debe ir cada cabezote, cabezal y husillo. Esto es un trabajo que se debe hacer con los diseñadores, para que cuando exporten la información desde el programa de diseño, lo hagan con base en las maquinas a utilizar y no en la pieza a perforar. Esto incluiría en cada plano, la consideración de las limitantes de cabezotes y dimensiones de las piezas a perforar.

Es un trabajo que requiere de mucho tiempo, pues los planos deben ser diferentes para cada golpe (cada pasada de una pieza por la máquina) y taladro, por lo tanto el numero de planos no depende de la cantidad de piezas que lleve el mueble, sino de la cantidad de golpes que tenga cada pieza del mueble y la cantidad de las mismas.

## 14. BIBLIOGRAFÍA

- Colorado Castro, A. (2011). Una industria que conquistó el mercado nacional. *Revista el Mueble y la Madera*, 82-88.
- Duque Aragón, F. (2003). Proyecto de grado centro de computo. Universidad Icesi, Cali, Colombia.
- Fred E. Meyers, M. P. (s.f.). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. Prentice Hall.
- Garavito N, E. L. (2010). Evaluación y mejoramiento de los procesos de enchape y perforado de Empresa RD. Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander, Colombia.
- García, E. A. (2010). Taladros Múltiples: Rendimiento y productividad en un abrir y cerrar de ojos. 82 – 88.
- Juan Carlos Hernández Matías, A. V. (2013). [www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/lean-manufacturing-concepto-tenicas-e-implantacion](http://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/lean-manufacturing-concepto-tenicas-e-implantacion). Recuperado el 4 de Enero de 2014, de [http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:80094/EOI\\_LeanManufacturing\\_2013.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:80094/EOI_LeanManufacturing_2013.pdf)
- Meyers, F. E. (s.f.). *Estudios de tiempos y movimientos*.
- Ortega, F. (s.f.). Lean Manufacturing y mayor productividad en la industria. *El mueble y la Madera*, 87-92.
- Posada, J. G. (30 de Abril de 2007). Interacción y conexiones entre las técnicas Ss, SMED y Poka Yoke en procesos de mejoramiento continuo. *Tecnura*, 140 - 143.
- Posada, J. G. (2007). Interacción y conexiones entre las técnicas Ss, SMED y Poka Yoke en procesos de mejoramiento continuo. *Tecnura*, 140 - 143.
- Rivas, R. R. (2007). *Ergonomía en el diseño y la producción industrial*.
- Rivera Cadavid, L. (2009). Justificación conceptual de un modelo de Implementación de lean manufacturing. *Revista de Ingeniería Industrial de la Universidad del Valle*, 91 – 106.
- Ruiz R. , P. (2011). Taladro automático CNC: Una pequeña gran máquina. *Revista el Mueble y la Madera*, 82 – 88.
- Stevez H, A. V., & Molina C , D. C. (2012). *Mejoramiento en el cumplimiento de entregas de la unidad de negocio de hogar de la empresa XYZ*. Cali, Colombia.
- Toyota, P. (s.f.). [www.toyota.com.ar/experience/the\\_company/sist-prod.aspx](http://www.toyota.com.ar/experience/the_company/sist-prod.aspx).