

1. Introducción

La metodología DMAIC es una guía que permite implementar la filosofía Seis Sigma; por lo que siguiendo sus pasos detallados, se puede llegar de manera óptima a obtener una calidad deseada en las diferentes áreas y procesos de la empresa, lo cual la volverá competitiva, trayendo éxito a la organización y a quienes la componen (Gutiérrez 550). Lograr que la empresa maneje sus procesos con calidad Seis Sigma no es una tarea simple y requiere de amplio conocimiento, buenas prácticas, además de otras varias cualidades que deberán ser adoptadas para mantener los exigentes estándares de calidad que impone la filosofía (Gutiérrez 449).

La cultura de calidad que existe en las facilidades de la corporación Adriana Hoyos (AHCORP) la ha llevado a ser una de las empresas de muebles más exitosas en el Ecuador y una firma muy reconocida en Latinoamérica. El proyecto nace en respuesta a la iniciativa de la empresa de mejorar sus procesos en vista del continuo crecimiento que tiene actualmente en el mercado.

El proyecto pretende seguir los pasos detallados por la metodología DMAIC para mejorar el proceso crítico de la empresa. Se va a iniciar con el análisis de los procesos principales de la fábrica de muebles en pos de determinar el proceso cuello de botella y la variable crítica para la calidad del mismo. Posteriormente se procederá a analizar dicha variable en busca de sus causas raíz, las cuales serán analizadas y medidas para determinar su capacidad. Con motivo de mejorar y solucionar el proceso en análisis, se utilizarán técnicas especializadas como el diseño de experimentos, el análisis del puesto de trabajo y la simulación. Finalmente se realizará una propuesta de valor que detallará mejoras que pueden ser implementadas en la empresa para el mejoramiento del proceso crítico; dichas propuestas serán evaluadas mediante un análisis de rentabilidad.

La empresa tendrá al final del proyecto que tomar una decisión respecto a la implementación de las soluciones propuestas, para lo cual se otorgará un detalle de los resultados del proyecto.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Principal.

Realizar una propuesta de optimización del proceso productivo de muebles en la empresa AHCORP, enfocado en el establecimiento de la filosofía de calidad Seis Sigma, a través de la implementación de la metodología DMAIC en el proceso de lacado, con el fin de reducir la variabilidad, mejorar la calidad y reducir los costos de calidad deficiente del proceso.

2.2. Objetivos específicos.

- Definir los problemas que ocasionan los reprocesos de los productos en la fábrica AHCORP y encontrar dentro del proceso productivo de muebles el proceso crítico que lo ocasiona.
- Medir el impacto del proceso crítico y analizar su problemática en el proceso productivo de muebles
- Identificar a las causas raíz de los problemas que generan los reprocesos y las disconformidades de la calidad del producto terminado del proceso cuello de botella.
- Analizar posibles cambios que puedan mejorar al proceso crítico y permitan que el proceso pueda ajustarse a sus estándares. Validar estos cambios por medio de experimentación y demostrar estadísticamente que la propuesta de valor final será efectiva.
- Realizar propuestas de valor que detallen mejoras obtenidas a partir del análisis realizado en el proyecto
- Realizada la propuesta de valor del proceso, validar su efectividad mediante un análisis de rentabilidad.

3. Marco Teórico

3.1. Análisis de filosofía Seis Sigma para modelos de calidad de procesos industriales

Seis Sigma es una filosofía ligada al análisis de control estadístico de la calidad total, la que se encuentra enfocada a la optimización de los procesos y sistemas de las compañías, por medio de reducciones drásticas de la variación del proceso (Pande xii). Es definida también como una estrategia de calidad y mejora continua de los procesos críticos para generar la satisfacción de los clientes, en los que se pretende lograr la minimización de errores, retrasos, defectos y variabilidad en los procesos (Yang 22).

El significado de Seis Sigma se refiere a un hecho estadístico que se cumple necesariamente en el análisis cuantitativo del control de los procesos (Pyzdek 3). Esto es lograr que en los procesos adaptados a la filosofía, no se generen más de 3.4 defectos por millón de oportunidades; entendiéndose defectos como aspectos en concreto de falla de calidad o funcionalidad dentro de un producto y no el producto en sí, que hará que el producto pierda calidad aceptable (Pyzdek 3).

Dentro del marco histórico de Seis Sigma, la filosofía se inició en 1987, en la empresa de productos electrónicos Motorola, y desde ahí ha ido creciendo en popularidad al ser adoptada por un gran número de compañías a nivel mundial, desarrollando nuevas técnicas e implementaciones por parte de los gurús de la filosofía de calidad (PPG Consultores). En la actualidad la filosofía de calidad Seis Sigma es muy popular en las empresas y existen profesionales calificados en el tema, formados por institutos aavales que otorgan a personas la capacidad de manejar de forma adecuada proyectos de este estilo en empresas (PPG Consultores).

Existen “verdades ocultas” de la filosofía explicadas por diferentes autores descritas a continuación:

- Nivel de participación del área de dirección que comprometa liderazgo en el proyecto de calidad (Gutiérrez 549). Se lo conoce también como un liderazgo de arriba hacia abajo. Se refiere a que la metodología se la debe implementar en una empresa, empezando a través del área de dirección,

desde el gerente que se encuentra a la cabeza de la industria (Gutiérrez 549). Es esencial que el área directiva de la empresa entregue su apoyo incondicional para el cambio en los ideales de calidad. Sin el compromiso y entrega de los dirigentes de la empresa a cambiar la filosofía de calidad de manera radical, como lo hace Seis Sigma, no se podrá implementar esta filosofía de forma adecuada y resultará en un intento mas de mejorar la calidad en la empresa (Gutiérrez 549).

- La filosofía comprende una gestión empresarial con buenas prácticas y destrezas, que son herramientas esenciales para el crecimiento de la compañía; y estas prácticas son generales para cada rincón de la empresa donde se debe asegurar que éstas prácticas se estén cumpliendo (Pande xii). La recompensa de controlar la aplicación de dichas destrezas es la experiencia que servirá en el futuro para poder aplicarlo en diversas actividades desde la planeación estratégica hasta las operaciones y el servicio al cliente (Pande xii).

- Utilización de herramientas específicas de apoyo para el mejoramiento de la calidad, en ésta se incluyen todo tipo de herramientas estadísticas a las cuales la filosofía esta muy apegada (Gutiérrez 549). Estas herramientas funcionan recopilando datos del estado de la compañía y analizándolos para determinar las variables del proceso que son críticas para la calidad, para realizar un enfoque posterior en la disminución de la variabilidad en estos procesos críticos (Gutiérrez 549).

- Seis Sigma se basa tanto en la excelencia de la fuerza de trabajo como en la excelencia técnica de la compañía, es decir, el hecho de tener técnicos de primera línea y la mejor tecnología del mercado no garantiza el éxito de la empresa, se necesitará tener un personal de primera con características como creatividad, colaboración, comunicación, dedicación, etc., solo así se podrán cumplir con los objetivos de la filosofía (Pande xiii).

3.2. Metodología de implementación de Seis Sigma.

Las metas exigentes de la filosofía requieren que el proyecto se plantee con una metodología organizada (Pyzdek 237). La metodología mas utilizada para la implementación de Seis Sigma en las empresas es DMAIC, la cual consiste en cinco fases que dan pasos detallados para ir desarrollando el proyecto de mejora en orden y de manera enfocada (Pyzdek 237). Esas cinco fases son: Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar (siglas DMAIC).

A continuación se describen estas importantes fases para la implantación de la metodología Seis Sigma en una industria.

3.2.1. Definir el proyecto

Esta es la fase en la que se debe reconocer el estado actual de la empresa, cómo se maneja la calidad de sus productos o servicios. Se debe definir de manera muy detallada el problema en concreto que la empresa posee, con sus variables críticas para la calidad (Gutiérrez 551). La importancia de la fase definir es poder establecer las metas del proyecto que se verán reflejadas en lo que se quiere mejorar; estas metas deben ser obtenidas de las necesidades del cliente (Pyzdek 238). Las metas del proyecto deberían ser la reducción del nivel de defectos y el incremento de la utilidad para un proceso en particular (Pyzdek 238).

De la fase definir se deberán generar una serie de documentos y análisis que ayudarán a generar un enunciado para el problema que sea claro y realizable; estos documentos son: Project charter, Diagramas de Gant, Análisis de la Voz del Cliente, SIPOC del Proceso (Pyzdek 240).

- Project Charter: Es un documento que resume a la fase definir; su función es detallar al proyecto y sus objetivos (Pyzdek 538).

- Diagrama de Gant: Es un diagrama que muestra las actividades que deben ser realizadas en el proyecto a través de una línea de tiempo. Es usada para organizar las actividades que se deben realizar (Pyzdek 544).

- Voz del Cliente: Es un análisis que comprende analizar a la voz del cliente, lo que significa definir lo que el cliente necesita mediante la revisión de quejas y sugerencias (Pyzdek 387).

- SIPOC: Por sus siglas en inglés significa proveedores, entradas, proceso, salidas, clientes. Es un método utilizado para describir al proceso de inicio a fin (Pyzdek 388).

Dentro de la fase definir se emplean diferentes conceptos y herramientas que se van a explicar continuación:

- Diagramas de flujo: Es una herramienta gráfica que permite visualizar de manera completa a un sistema de procesos, desde las entradas (factores de producción), las acciones (procesos que agregan valor a las entradas) y finalmente las salidas (producto/servicio terminado o en proceso). (Pyzdek 254)

- Listas de verificación: Es una herramienta para recolección de datos de varios eventos y nos permite fácilmente identificar cuales de estos tienen alta oportunidad de ocurrir. (Pyzdek 255) De estas listas suelen construirse histogramas, explicados más adelante.

- Histograma: es una herramienta donde se grafica la frecuencia de observaciones de cierto fenómeno de donde se puede obtener la tendencia, la dispersión y la forma general de la distribución de los datos (Montgomery 23)

- Diagramas de Pareto: es un diagrama que muestra la distribución o frecuencia de los datos (histograma) pertenecientes a atributos ordenados por categoría (Montgomery 179). El diagrama de Pareto es usualmente empleado para determinar los tipos de defectos que ocurren con mayor frecuencia (no los más importantes) (Montgomery 179).

- Diagrama de causa-efecto (Ishikawa): Es una herramienta gráfica empleada para analizar las causas potenciales de un efecto indeseable, una vez que este ha sido determinado y aislado (Montgomery 181). Su disposición es como la espina de un pescado en la que al lado derecho va especificado el problema y al lado izquierdo las ramificaciones que contienen las causas acorde a la clasificación de las mismas. (Pyzdek 261)

- Lluvia de ideas: Es una herramienta grupal, que reúne a expertos en un determinado tema que facilitarán ideas sobre un problema. Se lo realiza mediante un moderador, que será la persona que guíe a la lluvia de ideas

para que sea focalizada y genere respuestas concisas al caso. La lluvia de ideas por lo general no deberá tener más de 7 participantes y todos ellos deben ser escogidos cuidadosamente para mejores resultados (Infomipyme). Un objetivo específico de la lluvia de ideas en un proyecto Seis Sigma puede ser el análisis cualitativo de estímulos que determinan los factores críticos de la satisfacción del cliente (Pyzdek 652).

- Diagrama de afinidad: Es una herramienta que organiza ideas, generalmente extraídas de un análisis previo de un determinado problema (lluvia de ideas), en categorías representativas que reconocen la afinidad que dichas ideas tienen entre ellas. La finalidad es organizar y extraer las ideas principales de cada categoría que servirán para un análisis futuro. Para un análisis más detallado, se puede agregar una ponderación a cada idea y de ese modo calificarlas para darles un valor que permita encontrar las ideas mas destacadas en el análisis de determinado factor (Pyzdek 264).

3.2.2. Medir la situación actual

En esta fase se debe analizar los datos tomados en la fase anterior sobre la situación actual de la industria. Las variables críticas de la calidad (CTQ) encontradas, van a ser medidas en cuanto al desempeño del proceso, estableciendo metas en concreto para la optimización de esas variables (Pyzdek 238). Para cumplir con el objetivo de la fase de medición se deberá correctamente verificar el sistema de medición de cada variable crítica cuyo desempeño se desea mejorar. El output de la fase medir será un estudio del desempeño actual de cada variable, una manera de hacer esto es vía el análisis de su capacidad y estabilidad (Gutiérrez 609).

En el análisis estadístico de la capacidad del proceso existen algunos métodos para analizar los datos de entrada (mediciones). Se explican a continuación los que serán empleados en el proyecto de grado:

Cartas de control para atributos: es una de las principales técnicas del control estadístico de procesos donde se grafica el promedio de las mediciones de una característica de la calidad, hechas en muestras tomadas del proceso, contra el tiempo (Montgomery 13). La carta posee una línea central y límites de control

superior e inferior; la línea central representa el sitio donde debería estar centrada la característica del proceso cuando no se encuentre una fuente inusual de variabilidad; los límites de control se determinan a partir de especificaciones del sistema relacionados al tipo de calidad que se desea ajustar (en este caso seis sigma) (Montgomery 13). El resultado principal de las cartas de control son los índices de variabilidad del proceso.

Los análisis de capacidad asumen que el proceso se encuentra normalmente distribuido. Si esto no sucede, se deberá aplicar transformaciones a los datos o se deberá realizar un análisis de capacidad para datos no normales (Pyzdek 470).

Los métodos de transformación de datos han sido estudiados por Box y Cox (1964), y se basan en la teoría explicada por los matemáticos donde se supone que las desviaciones estándar de “y” son proporcionales a alguna potencia de la media (Kuehl 135). La transformación depende de un parámetro λ y resulta en una relación proporcional de la desviación estándar de las observaciones con la media.

Los índices de capacidad que se deben obtener y analizar son los siguientes:

- C_P : representa a la “tolerancia natural” del sistema bajo un intervalo 6σ .

El índice hace una comparación entre la tolerancia natural y los requerimientos de ingeniería del proceso. Este índice asume que la distribución del proceso es normal y que su promedio esta exactamente centrado entre los requerimientos de ingeniería. Si el índice tiene valor de 1 o superior se considera que el proceso es capaz (Pyzdek 473).

- C_R : es un índice equivalente al C_P ; éste hace una comparación directa del proceso con sus requerimientos de ingeniería. Asumiendo que el proceso sigue una distribución normal y es centrado, un valor del 100% de C_R significará que el proceso es capaz (Pyzdek 474).

- Z_U : este valor mide la ubicación del proceso (tendencia central) relativo a su valor de desviación estándar y el requerimiento superior. Un valor mayor a 3 es necesario para asegurar que el proceso es capaz (Pyzdek 474).

- Z_L : este valor mide la ubicación del proceso (tendencia central) relativo a su valor de desviación estándar y el requerimiento inferior. Un valor mayor a 3 es necesario para asegurar que el proceso es capaz (Pyzdek 474).

- C_{PK} : el valor es calculado a partir del valor Z_{MIN} que es el mínimo valor de las dos medidas Z_U y Z_L . El C_{PK} será simplemente el valor Z_{MIN} dividido para tres; ésta medida nos dará la capacidad real y más aproximada del sistema, debido a que no requiere que el proceso sea centrado. Un valor de C_{PK} superior a 1 dirá que el proceso es capaz (Pyzdek 474).

3.2.3. Analizar las causas raíz

La meta de esta fase es identificar la causa raíz del problema que posee la empresa en tema de calidad (Pyzdek 238). Cuales son las causas primeras para que el problema final se dé. A lo largo del proyecto se va a enfocar en estas causas que son las primeras en provocar fallos en la calidad de los productos o servicios (Pyzdek 238). Con el objetivo de llegar a la causa raíz del problema se pueden emplear varias herramientas antes explicadas como lluvias de ideas, diagramas de Ishikawa, diagramas de afinidad, tablas de valoración. El primer objetivo de la fase es llegar a las causas que son las generadoras del problema de calidad que se tiene en el proceso.

En esta fase también es prudente realizar un análisis estadístico profundo en caso que se tengan más de una causa raíz para determinar la influencia de estas causas en las variables críticas de la calidad (Gutiérrez 616). Con un método de diseño de experimentos se puede estadísticamente analizar los efectos de las causas raíz en el proceso. El análisis de diseño de experimentos (DOE) se encuentra explicado más adelante.

3.2.4. Mejorar las CTQ

La meta de esta fase es buscar soluciones concretas para solucionar o minimizar las causas raíz, identificadas y analizadas en la fase anterior, que influyan de manera directa en las CTQ. Un input importante para la mejora del proceso es el resultado del diseño de experimentos, en el cual se evaluaron las causas raíz y se propuso niveles que pueden mejorar al proceso de cada factor para evaluar su impacto (Gutiérrez 618). Con las propuestas de valor generadas se debe proceder a una evaluación de las mismas para medir su posible impacto en la optimización del proceso; es prudente en esta fase realizar un análisis

financiero del proceso e identificar la minimización del costo que se puede lograr con las mejoras (Gutiérrez 618). El objetivo final de esta fase es atacar y reducir la variabilidad del proceso (Pyzdek 238).

3.2.5. Controlar el proceso

En esta fase el objetivo principal es generar planes de control para los procesos mejorados, para asegurarse que éstos mantengan la calidad lograda. Acorde a la filosofía Seis Sigma, los procesos mejorados deben mantenerse así y es de vital importancia verificar su cumplimiento así como mantener planes de mejora continua en ellos (Gutiérrez 619).

3.3. Diseño de experimentos (DOE).

El diseño de experimentos es un método fundamentado en la estadística para la realización de pruebas que permitan responder interrogantes respecto de un proceso o problema o simplemente para lograr mejoras. El método consiste en determinar cuáles pruebas deben ser realizadas y de qué manera, para obtener datos que, al ser examinados estadísticamente, proporcionen evidencias objetivas que permiten responder las interrogantes planteadas (Gutiérrez 4).

Es necesario destacar que la validez y veracidad de los resultados y conclusiones que se obtengan del experimento, van a depender del método que se utilice para recabar los datos que van a ser analizados estadísticamente; si no se obtienen los datos de forma adecuada y tomando en cuenta todos los factores (controlables y no controlables) que puedan afectar, el experimento entregará información incompleta (Montgomery 2).

El experimento estará conformado entonces por las entradas o “x”, que serán los datos recabados durante la duración del mismo con motivo de analizarlos estadísticamente; los factores controlables, que son todos los factores que afectan a los datos que van a ser controlados por el experimentador con el fin de desarrollar la prueba (ej. Temperatura, presión, intensidad, etc.); los factores no controlables, que son todos los factores que son inherentes a eventos que no puede controlar el experimentador y deben ser tomados en cuenta para

bloquearlos y de esa forma no permitir que afecten a los datos que serán tomados (ej. Clima, habilidades del obrero, humedad del aire, etc.); finalmente, el experimento está conformado por la(s) salida(s) o la(s) “y(s)” de nuestra prueba, la cual es la variable de respuesta que deseamos calcular y mejorar (Montgomery 2).

Los objetivos del diseño de experimentos según Montgomery serán (Montgomery 2):

1. Determinar las variables que tienen la mayor influencia sobre la variable de respuesta “y” del experimento.
2. Determinar cuál es el ajuste de las “x” que tiene mayor influencia para que las “y” estén casi siempre cerca del valor nominal deseado.
3. Determinar cuál es el ajuste de las “x” que tiene la mayor influencia para que la variabilidad de “y” sea reducida.
4. Determinar cuál es el ajuste de las “x” que tiene la mayor influencia para que los efectos de las variables o factores no controlables sean mínimos.

3.3.1. Principios básicos de la experimentación

El diseño de experimentos requiere que la planeación y medición de la prueba sea realizada de la manera adecuada, se debe ser muy cuidadoso al momento de elegir la forma en la que se realizará el análisis del experimento (Gutiérrez 13). Mediante el conocimiento de los principios básicos del DOE, se podrá tener un punto de partida para la correcta planeación de la prueba:

1. Aleatorización: Consiste en el empleo del azar para la realización de las corridas del experimento y la elección del mismo. Esto permitirá que el supuesto de independencia de los errores se cumpla, lo cual es un requisito para la validez de las pruebas estadísticas que se deben realizar.
2. Repetición: Es correr más de una vez un tratamiento o una combinación de factores. Se debe tomar en cuenta que la repetición

no refiere a medir varias veces el mismo resultado experimental; repetir es volver a realizar un tratamiento, pero no inmediatamente después, sino cuando la aleatorización del experimento lo ordene. “Este principio del DOE permite reconocer mejor a que parte de la variabilidad total de los datos se debe al error aleatorio y que parte a los factores” (Gutiérrez 3).

3. Bloqueo: Consiste en la nulidad de todos los aspectos o factores no controlables del experimento para así asegurarse que éstos no tendrán influencia en la variable de respuesta. “Al bloquear, se supone que el subconjunto de datos que se obtengan dentro de cada bloque (nivel particular del factor bloqueado), debe resultar más homogéneo que el conjunto total de datos.” (Gutiérrez 13). Existen varias formas y métodos para realizar el bloqueo de los factores y un ejemplo puede ser; para bloquear el factor de habilidad operador, cuando se piensa que los operadores tienen destrezas diferentes y esto puede afectar al experimento, se procede a bloquear el factor de manera que un solo operador realice el experimento en su totalidad, de esa forma se asegura que las destrezas del trabajador no difieran para cada corrida porque el mismo obrero las estará haciendo a todas (Gutiérrez 13)

3.3.2. Definiciones básicas del DOE.

La técnica del DOE posee un grupo de herramientas que se emplean para su desarrollo, también existen términos que se emplean para describir a las diferentes partes del experimento. A continuación se detalla la terminología y herramientas que se van a utilizar a lo largo de este documento.

1. Experimento: “Es un cambio en las condiciones de operación de un sistema o proceso, que se hace con el objetivo de medir el efecto del cambio sobre una o varias propiedades del producto o resultado”(Gutiérrez 3). El experimento debe en lo posible limitarse a “investigaciones que establecen un conjunto particular de circunstancias”, bajo una metodología determinada para poder

analizar y evaluar las observaciones resultantes; el experimentador está a cargo de controlar y determinar los protocolos para lograr probar algún evento que se considera incierto hasta el momento de la realización del experimento (Kuehl 3) .

2. Unidad Experimental: Es la muestra(s) que se emplean para generar un valor que sea representativo del resultado del experimento o prueba (Gutiérrez 7). La unidad experimental, una vez expuesta al tratamiento, constituye una sola réplica del tratamiento (Kuehl 4).
3. Variable de respuesta: La variable de respuesta va a permitir conocer el efecto o los resultados de cada prueba experimental; ésta deberá representar a un factor del cual se quiera mejorar y por ello es común que dicha variable represente a un factor de calidad de un producto o a una variable que mida el desempeño de un proceso (Gutiérrez 8).
4. Factores controlables: “Son variables de proceso o característica de los materiales experimentales que se pueden fijar en un nivel dado. Algunos de éstos son lo que usualmente se controlan durante la operación normal del proceso, y se distingue porque, para cada uno de ellos, existe la manera o el mecanismo para cambiar o manipular su nivel de operación” (Gutiérrez 8).
5. Factores no controlables: Son variables o características de los materiales y métodos usados para la experimentación, que no pueden ser variados a decisión del experimentador; estas variables por lo general no son controlables por la persona y por ello es necesario separarlas o anularlas del experimento. Las variables que no pueden ser controladas suelen ser las ambientales (luz, humedad, temperatura, ruido, etc.), el ánimo de los operadores, la calidad de material que se recibe del proveedor (Gutiérrez 8).

6. Niveles y Tratamientos: Cada factor estudiado deberá tener diferentes niveles que se pueden adoptar en determinado momento bajo ciertas especificaciones, esto debería controlar el experimentador; el objetivo es determinar el mejor o el peor nivel para la variable de respuesta (Montgomery 3). Los tratamientos son el conjunto de circunstancias creadas para el experimento, respondiendo a lo establecido en la hipótesis del mismo (Kuehl 4). Lo que se pretende determinar en un experimento de más de dos tratamientos con diferentes niveles, es el impacto en la variable de respuesta (Montgomery 3).

7. Error aleatorio y error experimental: El error se puede explicar como el ruido que se obtiene debido a la fluctuación existente entre los resultados de cada corrida. Es común llamar a este ruido como error aleatorio, el cual es un error estadístico originado por la variación que no está bajo control y por lo tanto es inevitable (Montgomery 22). El ruido generado por factores controlables que se encuentra originado por la variación que no está bajo control debido a equivocaciones y fallas del experimentador se conoce como error experimental y será éste absorbido por el error aleatorio, confundiendo al experimentador generando un problema grave (Montgomery 22).

3.3.3. Método general para diseñar experimentos.

- Identificación y enunciación del problema

Es un paso crucial en el desarrollo del proyecto de DOE; de la correcta enunciación del problema va a depender el éxito del mismo por lo que se debe poner extremo cuidado en lo que se plantea. Por lo general se requiere en este paso armar un equipo de trabajo y colaboración para el desarrollo del proyecto, con personas que puedan aportar al proyecto y se comprometan con el mismo (Montgomery 13). Para esta fase es recomendable realizar una lista de preguntas,

como una lluvia de ideas, respecto a la problemática que se busca resolver con el experimento y de esta lista encontrar los objetivos del proyecto. Esta es la fase en la que el experimentador debe evaluar la extensión del experimento y decidir si un experimento extenso comprensivo es la respuesta a las cuestiones clave, o si un enfoque secuencial, en el que se utilice una serie de experimentos, es una estrategia más adecuada (Montgomery 14).

- Elección de los factores, los niveles y los rangos

En esta etapa se van a elegir los factores de estudio para el experimento y se procede generando una lista de los factores potenciales del diseño o los perturbadores para el desempeño de un proceso (Montgomery 14). Esta lista puede ser alargada por lo que el experimentador deberá en muchos casos clasificar a estos factores en: factores de diseño (seleccionados para estudiarlos en el experimento), factores que se mantienen constantes (que no se pueden variar y deben ser bloqueados en el experimento) y factores que se permite variar (aleatorización de materiales no homogéneos para correcta experimentación) (Montgomery 15).

Una vez que el experimentador ha elegido los factores de diseño o niveles, hará el siguiente paso que será determinar los rangos en los que hará variar a los niveles. Se deberá determinar el método por el cual se va a controlar los factores y la forma en la que se va a medir. Para este paso es indispensable el conocimiento técnico del proceso.

- Selección de la variable de respuesta

Para elegirla, “el experimentador deberá estar seguro que dicha variable proporcionará en realidad información útil acerca del proceso bajo estudio” (Montgomery 16). En muchos casos el promedio o la desviación estándar de la característica medida será la variable de respuesta o bien pueden existir múltiples variables de respuesta (Montgomery 16).

- Elección del diseño experimental

Si las actividades previas de organización y planeación del experimento se han realizado de manera adecuada, siguiendo los lineamientos, este paso deberá resultar muy sencillo. En este paso se tendrá la obligación de determinar el tamaño de la muestra que se debe medir, la selección de un orden correcto y aleatorio para la realización de las corridas del experimento, y la decisión de si es o no necesario incluir un diseño de bloques en el experimento (Montgomery 16).

- Realización del experimento

Esta etapa comprende la realización de las corridas experimentales para determinar los resultados de cada una. En esta etapa del experimento se debe tener cuidado ya que por lo general son las fallas de ésta fase las que provocan la destrucción de la validez del experimento (Montgomery 16). Es muy recomendable con motivo de preparar los materiales y la logística de los mismos, la realización de corridas de ensayo para estar listos el momento de empezar a correr el experimento (Montgomery 16).

- Análisis estadístico de los datos

Es de vital importancia el implemento de la estadística para el análisis de los datos en fin de que los resultados y conclusiones del experimento sean objetivos y no de carácter apreciativo (Montgomery 17). Un paquete de software puede siempre ser recomendable para aliviar el trabajo del experimentador. Los métodos de análisis gráficos simples son por lo general la mejor opción para el análisis y la interpretación de los datos (Montgomery 17).

- Conclusiones y recomendaciones

“Después de haber analizado los datos, el experimentador deberá encontrar conclusiones prácticas acerca de los resultados y recomendar un curso de acción. Los métodos gráficos suelen ser útiles en esta etapa, en particular para presentar los resultados.” (Montgomery 17)

3.3.4. Diseño factorial 2^3 .

Un experimento que contenga tres factores con dos niveles de cada factor será considerado un diseño factorial 2^3 . Este diseño se encontrará compuesto por ocho combinaciones de tratamientos y la manera más fácil de representarla es a través de un cubo donde cada esquina representa a una combinación de los factores y niveles (Montgomery 228).

Las ocho corridas suponen $n-1$ grados de libertad para el diseño, esto quiere decir que se tendrán siete grados de libertad; tres de ellos se asocian con los efectos principales y cuatro con las interacciones (Kuehl 175). Los grados de libertad son necesarios para estimar el error experimental del modelo. (Kuehl 67).

La forma de proceder el experimento es corriendo cada una de las ocho corridas (más si se hacen réplicas) y observando los resultados obtenidos (en la variable de respuesta). Con este método se pretende analizar la interacción existente entre los niveles de cada uno de los tres factores (Kuehl 175).

Una forma de analizar la interacción entre los factores y determinar aquellos que serán significativos para el diseño así como la mejor combinación entre niveles será el análisis de varianza, el cual mediante la partición de la variabilidad total de los factores en sus partes componentes, determina las diferencias estadísticas entre medias o desviaciones estándar de los resultados de la variable de respuesta de cada una de las diferentes corridas realizadas (Montgomery 66). El análisis de varianza es un método matemático extenso que se lo puede realizar mediante varios softwares especializados en el tema. El experimentador deberá asegurarse de analizar los estadísticos de manera adecuada para poder generar conclusiones válidas del experimento.

Los estadísticos importantes para la toma de decisiones entregados por el ANOVA son:

- Valor F: es el estadístico de prueba para la hipótesis de que no hay diferencias en las medias de los tratamientos. Se calcula a partir de la división entre los cuadrados medios de los tratamientos para los cuadrados medios del error

(Montgomery 71). Para determinar si se acepta o rechaza la hipótesis nula del experimento se deberá comparar al valor F obtenido en el experimento con un punto porcentual apropiado de la cola superior de la distribución (Montgomery 71). El valor a compararse se obtiene de tablas observando el valor correspondiente al nivel de significancia elegido y los grados de libertad (Montgomery 71).

- Valor P: Es otra manera de reportar los resultados de la prueba de hipótesis realizada en el análisis de varianza. El valor P emplea un valor de α o nivel de significancia para determinar si la hipótesis nula debe ser rechazada o no (Kuehl 58). “El valor P es la probabilidad de que el estadístico de prueba asuma un valor que sea al menos tan extremo como el valor observado del estadístico cuando la hipótesis nula H_0 es verdadera” (Montgomery 37). En la mayoría de ocasiones, el valor P se convierte en el responsable para la toma de decisiones, reemplazando al valor F (Kuehl 58).

3.3.5. Modelo estadístico de regresión.

“El modelo estadístico general para un experimento de tres factores con “r” réplicas de cada una de las combinaciones de tratamientos en un diseño totalmente aleatorizado” (Kuehl 201) se muestra a continuación (ver ecuación 1).

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + e_{ijkl}$$

$$i = 1, 2, \dots, a \quad j = 1, 2, \dots, b \quad k = 1, 2, \dots, c \quad l = 1, 2, \dots, r$$

Ecuación 1: Modelo general de regresión

Donde y_{ijkl} es la respuesta predicha de la sumatoria de la media general “ μ ”, los efectos principales α_i , β_j y γ_k que intervienen en el modelo, el efecto de la interacción de los factores $(\alpha\beta)_{ij}$, $(\alpha\gamma)_{ik}$ y $(\beta\gamma)_{jk}$, el efecto de la interacción de los tres factores $(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$ y el error “ e_{ijkl} ” (Kuehl 201).

La ecuación de regresión permitirá predecir el valor de “y” en diferentes valores de los factores estudiados; en caso que un determinado factor resultara “no significativo” para el modelo, se lo excluirá de la ecuación final de regresión debido a que su efecto sobre la superficie de respuesta “y” no es de interés (Gutiérrez 177).

3.3.6. Uso de métodos estadísticos en la experimentación.

- Uso de conocimientos no estadísticos del problema: Es importante el conocimiento adicional no estadístico para la realización del experimento; muchas veces un conocimiento técnico del campo o área en la que se desea experimentar es lo ideal para poder elegir correctamente los factores y niveles (Montgomery 19).
- Mantener el diseño y el análisis tan simple como sea posible: Es necesario darse cuenta que la exageración en el uso de técnicas estadísticas complejas y sofisticadas no es el camino correcto, es necesario un diseño simple y directo que pueda cubrir y analizar completamente a la problemática sin entrar en detalles que puedan ser inservibles para las conclusiones del experimento (Montgomery 19).
- Apostarle más a la experimentación secuencial que a un experimento definitivo, se refiere a que los experimentos deben estar divididos en fases que se resuelvan de forma secuencial, según sea adecuado; cuando se pretende resolver un experimento estadístico en una sola fase, este suele llegar a ser demasiado extenso y complicado de resolver. (Gutiérrez 12)
- Tener presente la diferencia entre significación práctica y significación estadística: es necesario tomar en cuenta que la significación estadística en muchos casos puede arrojar respuestas y conclusiones muy exigentes para la significación práctica, que puede rayar en costos exagerados o prácticas imposibles para el ser humano, por lo que se debe tomar en cuenta este factor para entregar los resultados y recomendaciones del DOE (Montgomery 19).
- Los experimentos son generalmente iterativos: no es necesario realizar un experimento demasiado comprensivo y extenso; por lo general un enfoque

iterativo o secuencial para responder la problemática general sobre la marcha es lo adecuado (Gutiérrez 20). Un experimento muy extenso podrá truncar las esperanzas de llegar a conclusiones adecuadas y dificultará al correcto desempeño del diseño (Montgomery 17).

3.4. Análisis del sitio de Trabajo.

A continuación se van a explicar algunos instrumentos y técnicas para el diagnóstico de las estaciones de trabajo, en pos de encontrar defectos y problemas que puedan afectar al trabajador del área de tapizado de AHCORP. En la práctica el ergonomista evalúa los factores de riesgo ergonómico que se presentan dentro de una tarea u operación, para ello analiza la estación de trabajo donde las personas operan, empleando el procedimiento estándar de solución de problemas de “Barnes” (Fernandez, et. al. 159). La metodología que se va a emplear para la solución de problemas del sitio de trabajo incluye las siguientes etapas (Fernandez, et. al. 159):

- Análisis preliminar de los datos
 - Definir los proyectos prioritarios
 - Visitas de diagnóstico
 - Estudios y multimedia
 - Estudio y medición del trabajo
 - Análisis y evaluación
 - Control, mejora y recomendaciones
 - Seguimiento
- a. Análisis preliminar de datos.

En esta etapa se pretende realizar una revisión amplia de la información del área o departamento. El objetivo principal de esta primera fase es la preparación y análisis de los datos que existían antes de realizar el estudio

del sitio de trabajo. En el análisis preliminar se deben determinar las tareas existentes, los operadores, los registros de lesiones, el nivel de incomodidad actual de los trabajadores, factores no ergonómicos relevantes, entre otras actividades (Fernandez, et. al. 159).

b. Diagramas de la estación de trabajo

A menudo es de gran ayuda la realización de un diagrama de la estación de trabajo que permita visualizar de mejor manera el área que se va a analizar y medir. El diagrama debe ser una representación gráfica de la localización aproximada de las estaciones de trabajo con sus elementos principales (Fernandez, et. al. 160).

c. Revisión de registros

Es importante previamente a la recolección de datos y al análisis del sitio de trabajo estar al tanto de registros o bitácoras que esté a disposición por parte de la empresa. Estos registros pueden ser de lesiones históricas de trabajadores o riesgos previamente determinados. Es recomendable solicitar registros (en caso de existir) de los últimos tres hasta cinco años (Nogareda).

d. Recolección de datos

“La evaluación de un puesto tiene en cuenta el equipo, el mobiliario, y otros instrumentos auxiliares de trabajo, así como su disposición y dimensiones. La disposición del puesto de trabajo depende de la amplitud del área donde se realiza el trabajo y del equipo disponible, por lo tanto, no pueden darse criterios específicos de evaluación para cada posibilidad.” (Nogareda). La recolección de datos va a incluir todo lo mencionado anteriormente, lo cual va a incluir las mediciones de: el área de trabajo horizontal, la altura de trabajo para tareas que requieran precisión visual, campo visual del trabajador, espacio para piernas y brazos, herramientas, posición del trabajador, otros equipamientos como equipos de protección individual (Nogareda).

e. Observación y recorrido

El recorrido se lo debe realizar por toda el área de trabajo en análisis, anotando cualquier evento que llame la atención. Durante éste se debe observar cuidadosamente al trabajador en su estación para obtener un panorama general del área de trabajo (Fernandez, et. al. 161).

f. Registro de actividades

El registro de actividades se lo puede hacer de varias maneras. La más recomendable es usando la tecnología para grabar en video al trabajador mientras desempeñas sus funciones, de esta manera no se molestará al trabajador con preguntas acerca de movimientos o actividades de las que no se esté al tanto (Fernandez, et. al. 161). Para que la grabación sea óptima se la debe realizar desde varios ángulos distintos (frente, posterior, izquierda, derecha, superior) durante al menos 3 a 5 ciclos de trabajo. La cámara deberá enfocar detalles para poder analizarlos luego con tranquilidad y mayor enfoque (Fernandez, et. al. 161).

Cuando las actividades hayan sido registradas de manera adecuada, se procede al análisis de la información recolectada para poder generar conclusiones de los aspectos que estén perjudicando al trabajador en su ambiente laboral. Estas conclusiones deberán ser correctamente validadas por el investigador previamente a la implementación (Nogareda).

3.5. Simulación.

La simulación que se va a emplear en el documento consiste en construir modelos informáticos que describan la parte esencial del comportamiento de un sistema de interés, para poder analizar al modelo y obtener resultados que apoyarán a la toma de decisiones (Ríos x).

A continuación se describe un proceso general para la simulación de un sistema, que será empleado en el documento (Ríos 10):

- **Formulación del problema:** todo estudio deberá estar correctamente formulado previamente antes de realizar cualquier otra acción. El problema debe estar debidamente aclarado y debe mostrar la razón y el modo por el cual una simulación puede resolverlo (Banks 14). En esta fase es conveniente establecer objetivos de la simulación que se desean alcanzar (Banks 14).
- **Conceptualización del modelo:** es importante tener clara la forma del modelo que se pretende simular, se debe en este paso establecer los parámetros, determinar un inicio y un fin, evaluar los factores y todo lo que será incluido en él (Banks 14).
- **Obtener observaciones básicas del sistema:** refiere a la toma de datos para la simulación. Se debe realizar la colección de datos de cada uno de los eventos descritos en el paso anterior (Banks 15). Se debe ser muy cuidadoso en la forma que se toman los datos pues de esto dependerá la validez de los resultados del mismo (Banks 15).
- **Transformar las observaciones básicas en entradas al modelo, según las especificaciones y lenguaje del mismo:** en este punto se debe construir el modelo en el software de simulación Arena®, acorde a como se conceptualizó en el segundo punto (Banks 15). Es vital conocer las características del software para asegurar el éxito de la simulación.
- **Verificación y validación del modelo:** En este paso se debe verificar y validar que las corridas que se realizarán en el software de simulación generarán los datos correctos necesarios para tomar decisiones (Banks 15). Es importante verificar que el modelo se encuentre bien construido y que no existan fallas que puedan comprometer el éxito de la simulación; así como validar los resultados con alguna fuente de experiencia del sistema en análisis (Banks 15).
- **Calcular los estadísticos pertinentes a partir de las salidas, para estimar las medidas de comportamiento.** Para ello se debe evaluar el tiempo que el

modelo se debe correr y señalar al software los estadísticos que deben ser recolectados (Banks 16).

- Generar conclusiones y reportar los resultados de la simulación.

La simulación que se va a realizar para el proyecto de tesis será:

- Dinámica, debido a que el tiempo va a jugar un rol esencial en la simulación del modelo, ya que se pretende analizar estadísticos como líneas de espera que se generan a través del tiempo transcurrido en empresa (Kelton 9).
- Discreta: debido a que los cambios en el modelo solo ocurrirán en determinados puntos de tiempo separados (Kelton 9). La simulación de eventos discretos refiere a sistemas que cambian de estado en instantes determinados de forma aleatoria (Ríos 5). Un ejemplo de esto puede ser los arribos al sistema los cuales llegan en un determinado momento en el tiempo.
- Estocástica: Debido a que el modelo tendrá fuentes de entrada aleatorias donde las entradas o llegadas al sistema (input) no seguirán una distribución de probabilidad discreta (Kelton 9).

A continuación se van a describir conceptos importantes empleados en la simulación de eventos discretos (Banks 23):

- Sistema: Es una colección de entidades que van a interactuar a través del tiempo para lograr ciertos objetivos.
- Modelo: Una representación abstracta del sistema, por lo general contiene la estructura y lógica que describen al sistema en términos de estado, entidades, atributos, demoras, actividades, eventos, etc.
- Estado del sistema: una colección de variables que contienen toda la información necesaria para describir al sistema en cualquier momento.
- Entidad: Un objeto o componente del sistema que requiere una representación explícita en el modelo.

- Atributos: Son las propiedades de una determinada entidad.
- Eventos: Fenómenos que cuando ocurren cambian el estado del sistema.
- Reloj de la simulación: Una variable que representa el tiempo simulado.

3.5.1. Elección del tamaño de muestra.

Durante el proceso de simulación será necesario realizar recolecciones de datos, para lo cual es importante conocer las herramientas que se deben utilizar en pos de determinar la porción de la población que es necesario examinar. La técnica que va a ser empleada es el cálculo de “n” para varianza poblacional desconocida en el muestreo aleatorio simple.

Cuando no se conoce la varianza de la población es muy común recurrir a pruebas piloto donde se toman datos aleatorios de la población en cantidades arbitrarias para poder conocer la varianza (Martínez 756). De la prueba piloto se va a tener número de datos, determinado por el investigador, de los cuales se deberán calcular el promedio, la varianza y el error muestral. Con los datos encontrados se podrá determinar un valor de “n₀” que será el valor del tamaño de muestra encontrado en la prueba piloto (Martínez 757). Este valor se lo puede calcular mediante la ecuación 2, donde Z es el punto porcentual superior de la distribución normal estándar para un valor determinado de α (Mongomery 44), S representa a la desviación estándar de la muestra piloto y E el error.

Habiendo encontrado el tamaño de muestra de referencia “n₀”, se puede proceder a usar la fórmula para el cálculo del tamaño de la muestra definitivo para el estudio mediante la ecuación 3 a continuación:

$$n_0 = \frac{\left(Z_{\alpha/2}\right)^2 S^2}{E^2}$$

Ecuación 2: cálculo del tamaño de muestra referencial

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

Ecuación 3: Cálculo del tamaño de muestra

➔ Cálculo del tamaño de “n” para una proporción desconocida.

El método para estimar el tamaño de muestra “n” para obtener una proporción desconocida, con una precisión dada, requiere de la generación de la suposición de un valor de $p=0.5$, basándose en la necesidad de estimar una proporción p con un margen de tolerancia E (Molinero). La fórmula que debe ser empleada para obtener el tamaño de muestra mínimo es la observada en la ecuación 4:

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 \hat{p}(1 - \hat{p})}{E^2}$$

Ecuación 4: cálculo de “n” para una proporción desconocida

Donde Z es el punto porcentual superior de la distribución normal estándar para un valor determinado de α (Mongomery 44), p es la proporción que se desea determinar y E la tolerancia en la estimación de la proporción (Molinero).

3.5.2. Truncamiento

El truncamiento de una función refiere a la revalorización de los estimadores para que la distribución no pueda tomar valores negativos (Dhrymes). Por lo general se aplica esta técnica a la distribución normal, debido a que su naturaleza le permite tomar valores negativos si tiene la oportunidad (Dhrymes). Para truncar una función normal de van a seguir los siguientes cálculos:

$$\frac{f(u)}{F(k)} = \frac{\phi(\xi)}{\Phi\left(\frac{k-\mu}{\sigma}\right)}$$

$$h = \frac{k-\mu}{\sigma}$$

$$\Pr(k_1 \leq u \leq k_2) = \Phi(h_1) - \Phi(h_2)$$

$$\xi = \frac{u-\mu}{\sigma}$$

$$p(h) = \frac{\phi(h)}{\Phi(h)}$$

$$E(u \mid u \leq k) = \mu - \sigma\rho(h)$$

$$E(u^2 \mid u \leq k) = \mu^2 - 2\mu\sigma\rho(h) + \sigma^2[1 - h\rho(h)]$$

$$\text{Var}(u \mid u \leq k) = E(u^2 \mid u \leq k) - [E(u \mid u \leq k)]^2$$

Ecuación 5: Ecuaciones de truncamiento para una distribución normal.

“De tal manera si se reemplaza μ y σ por los valores obtenidos de $E(X)$ y $\text{Var}(X)$, nos aseguraremos que la distribución normal solo tome valores mayores o iguales a k .” (Dhrymes).

4. Definición del proyecto Seis Sigma en la fábrica de muebles AHCORP.

4.1. Introducción a la empresa y sus productos.

La empresa AHCORP fue en sus inicios un ideal de la diseñadora de interiores Adriana Hoyos, una mujer colombiana con mucha visión quién tuvo la iniciativa en el Ecuador de diseñar y fabricar muebles con estilos exclusivos y exóticos, empleando para su elaboración materiales naturales y únicos de la biodiversidad ecuatoriana. (Icaza)

Todo inició veinte años atrás cuando Adriana regresó al Ecuador tras terminar sus estudios de diseño en los Estados Unidos (Hoyos). Fue cuando empezó a enrolarse en proyectos de diseño de interiores para hogares y empresas (Icaza). Participó en varias exposiciones y eventos, teniendo bastante éxito, y finalmente empezó a poner en marcha su ambiciosa idea de diseñar y fabricar sus propios muebles para la decoración interior (Icaza). Es entonces cuando se funda la empresa AHCORP, la cual ha ido creciendo a pasos agigantados, que gracias a la calidad y diseño exclusivo del producto, ha logrado en estos veinte años constituir a la empresa y sus productos como una importante firma que maneja una marca reconocida en varios países de América con “cuatro oficinas de asesoría profesional en diseño de interiores establecidas en Quito, Guayaquil, México y Miami; siete tiendas de muebles distribuidas entre Ecuador, México y Miami; cuatro fábricas y una planta de acabados en Ecuador, donde trabajan más de 400 personas; y distintos “espacios” en tiendas que venden sus muebles en más de ocho países del mundo” (Icaza).

La fábrica de AHCORP se encuentra ubicada en Quito, Ecuador; a las afueras de Carapungo al norte de la ciudad (Hoyos). En dicha planta se fabrica gran parte de los muebles que Adriana Hoyos y su equipo diseñan, estos muebles abastecen al mercado ecuatoriano y también al mercado internacional (Burbano). Los muebles se fabrican en su mayoría por “colecciones”, que son diseños de una línea de muebles para diferentes tipos de espacios de hogar, oficinas, empresas, hoteles, restaurantes, etc. (Burbano). A lo largo de la vida de la empresa se han

presentado cuatro exitosas colecciones que han llevado a la empresa AHCORP y su fundadora Adriana Hoyos a poseer una marca inconfundible en calidad y estilo que ha permitido a la empresa crecer con rapidez. La primera colección fue nombrada “Coco”, la cual tuvo un éxito rotundo e impulsó a la empresa a crear tres nuevas colecciones: Tagua, Café y Chocolate. (Icaza)

Aparte de las colecciones mencionadas, la empresa también realiza otras actividades como: restauración de muebles antiguos o estropeados; construcción de muebles especiales bajo pedido del cliente (Burbano); proyectos de diseño y decoración, como lo hizo para el concurso de belleza Miss Universo en Ecuador, entre otros proyectos (Icaza).

La empresa tiene proyectado continuar creciendo, ampliar cada día más su mercado hacia nuevas fronteras internacionales y seguir diseñando y fabricando colecciones de muebles con el mismo éxito que se ha tenido hasta el momento. (Burbano)

4.1.1.SIPOC de la empresa AHCORP (definición de la cadena de suministro del proceso de fabricación de muebles)

A continuación se realiza un análisis SIPOC (Que por sus siglas en inglés refieren a proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes), donde se analiza a modo general la cadena de valor que tiene la fábrica de muebles AHCORP.

•Proveedores: Dentro de este grupo se encuentran diversas empresas que van a ser agrupadas por tipo de producto que provee a AHCORP (Burbano).

- Fabricantes tercerizados de estructuras de madera.
- Laca (laca, pinturas, thinner (disolvente), sellador)
- Telas e insumos para tapicería.
- Esponjas
- Insumos de carpintería
- Reatas

- Plumón
- Madera
- Chapas

•Entradas: Las entradas principales que tiene la empresa son los pedidos generados en el área de ventas (requerimientos del cliente). Estos pedidos pueden ser de muebles de colección, reparación de muebles o muebles que deben ser construidos bajo especificaciones del cliente. (Burbano)

•Procesos: Los macroprocesos de AHCORP se dividen en: procesos estratégicos, procesos productivos y procesos de soporte (Burbano). Se puede observar un diagrama de los mismos en el Anexo 1.

•Procesos Estratégicos: Consta de los procesos que rigen al área administrativa de AHCORP, estos son la planificación estratégica y la planificación de negocios (Burbano).

•Procesos Productivos: Gestión de mercadeo, gestión comercial y de negocios, investigación y desarrollo, gestión de operaciones y gestión de logística y distribución (Burbano). Los procesos productivos son: proceso de planificación de la producción y gestión de compras, proceso de carpintería, proceso de lacado, proceso de tapicería, proceso de despacho interno, que serán explicados más adelante. (Burbano)

•Procesos de Soporte: Gestión de la cadena de suministro, gestión del talento humano, asesoría legal, seguridad industrial, gestión de medio ambiente, gestión financiera y contable, gestión de procesos y calidad, gestión de sistemas de tecnología y comunicación y gestión administrativa (Burbano).

•Salidas: La salida principal es la satisfacción del cliente a través de la entrega del mueble totalmente embalado en cartón corrugado. (Burbano)

•Clientes: Los clientes de los productos fabricados en AHCORP son personas particulares, almacenes, empresas, hoteles; en el mercado nacional e internacional. (Burbano)

4.2. Explicación de actividades de producción de muebles.

Las actividades que se deben realizar para producir el mueble en AHCORP son diversas y se encuentran agrupadas acorde a la afinidad con el tipo de mano de obra y materiales empleados; así tenemos actividades que son acogidas en tres principales procesos productivos que son carpintería, lacado y tapicería (Burbano). Los otros procesos que son realizados en la fábrica son gestión de pedidos de ventas, planificación de producción y compras, proceso de logística y distribución; estas actividades complementan a los procesos productivos antes mencionados y se los realiza en las oficinas de la fábrica (Burbano).

Para poder contar una idea más clara de los macro procesos de la empresa AHCORP se puede observar el Anexo 2.

4.2.1. Detalle de los procesos de la fábrica AHCORP.

A continuación se detallan los procesos productivos explicados en la visita a la fábrica de muebles AHCORP en Carapungo por el jefe de planta Francisco Burbano (Burbano).

1. Proceso de gestión de pedidos de ventas. Este proceso se encarga del ingreso de las órdenes de trabajo enviadas por el departamento de ventas. Las actividades que realiza dicho proceso se realizan sobre un sistema de base de datos que gestiona las actividades de la fábrica y determina los materiales que van a emplearse para el producto, especificaciones especiales que debe contener y los planos de diseño para el producto. Este proceso se basa específicamente en organizar la información entregada por el departamento de diseño y ventas. Las salidas del proceso es la información detallada y ordenada de la producción del producto, para el uso de los empleados que participan en el proceso de fabricación del mueble.

2. Proceso de planificación de la producción y compras. La primera actividad de este proceso es ordenar los pedidos que son ingresados en el proceso anterior acorde al tipo de material que se debe comprar, así se dividen los pedidos de compra de telas, estructuras, insumos y materiales especiales. Este proceso toma en cuenta prioridades para la producción y organiza las compras de los productos acorde a esta información. El proceso termina con la compra de productos a los proveedores respectivos, el pago a proveedores y la recepción / almacenamiento de los productos adquiridos; para la recepción de la materia prima, existe un subproceso que incluye la revisión de los materiales y la aceptación de los mismos. Este proceso se lo realiza con la revisión estricta de estándares y especificaciones de calidad exigidos a los proveedores. Expertos en la fabricación de muebles que trabajan en AHCORP son los encargados de la recepción de productos y la revisión de la calidad de los mismos.
3. Proceso de carpintería. Este proceso es nuevo en AHCORP debido a la reciente adquisición de la planta de carpintería. Antes el proceso se lo realizaba mediante “outsourcing” con una empresa que proveía de estructuras de madera construidas bajo especificaciones de diseño de AHCORP; tras la adquisición de la planta de carpintería, las estructuras de madera son construidas en su mayoría en dicha planta, solamente un porcentaje menor de las estructuras es fabricado por la empresa externa. Las actividades principales del proceso de carpintería son lectura del diseño, planificación, corte de la madera, generación de piezas de madera, ensamblaje de las piezas de madera, lijado y revisión de cumplimiento de especificaciones de diseño.
4. Proceso de lacado. Es el proceso siguiente al de carpintería y en el existen varios subprocesos que cumplen con el mismo objetivo que es el de dar el acabado a la superficie del mueble. Este proceso inicia con el tinturado del mueble, donde se emplea pinturas especiales que dan al mueble un color característico y exclusivo; un factor diferencial para la calidad de un mueble de AHCORP es el color de su pintura. Luego el mueble pasa al proceso de sellado donde se le aplica un producto llamado sellador que genera una

capa de protección para la pintura. Luego el mueble pasa al proceso de lijado, se lo lija, nivela y se determina si existen puntos defectuosos donde se deba emplear masilla para recubrir algún desperfecto. Luego del proceso de lijado, se le da una segunda mano de pintura al mueble para cubrir el masillado y los desperfectos del lijado y finalmente pasa el mueble al proceso de lacado donde se le aplica laca importada de marca Valresa. En el área de lacado existe subprocesos como la aplicación de la laca al mueble, el secado del mueble al ambiente, entrada del mueble al horno de secado y revisión de calidad del lacado.

5. Proceso de tapicería. Este proceso consiste en el tapizado del mueble acorde a las especificaciones del diseño. Existen ciertos muebles, sillas y sillones principalmente, que llevan en su diseño el tapizado para la comodidad al momento que el cliente se sienta o apoya en el mismo. Entonces estos muebles son ingresados al proceso de tapizado donde, se recortan las telas, se arma el forraje y finalmente se instala el tapizado en el mueble. El proceso pasa por un estricto control de calidad.
6. Proceso de empaque. El proceso se lo realiza con la colocación de esponjas que cuidan los acabados del mueble, la envoltura en cartón corrugado con las respectivas cintas para sellar y asegurar que el producto no se deteriore en el transporte. En el proceso se realiza un último control de calidad al mueble en busca de disconformidades para asegurar que la calidad sea impecable. A continuación se realiza el macroproceso de despachos realizado por parte del departamento de distribución de los productos a almacenes o a los clientes, dentro o fuera del Ecuador. Este departamento trabaja por medio de “outsourcing” con empresas que facilitan las herramientas y la tecnología para la distribución de productos (camiones, diseño de rutas, sistema de entregas).

4.2.2. Análisis cualitativo de la relación del proceso con el nivel de satisfacción del cliente.

El proceso de construcción de un mueble depende, como se ha visto hasta éste punto, de diversos procesos que agregan valor a la fabricación del mueble. Estos

procesos empiezan desde que se genera la necesidad en el cliente de adquirir un mueble de determinadas características y termina cuando este cliente recibe el producto que ordenó en base a su necesidad. La administración de AHCORP se preocupa por sus clientes y su mercado, y su prioridad es mantener a sus clientes generando lazos de fidelidad con la empresa (Burbano). Esto se puede lograr únicamente satisfaciendo las necesidades del cliente, cuidando cada detalle del producto, para que cuando el cliente reciba el producto terminado, se muestre satisfecho y se mantenga fiel a la empresa y sus productos, logrando así AHCORP ampliar su mercado nacional e internacional.

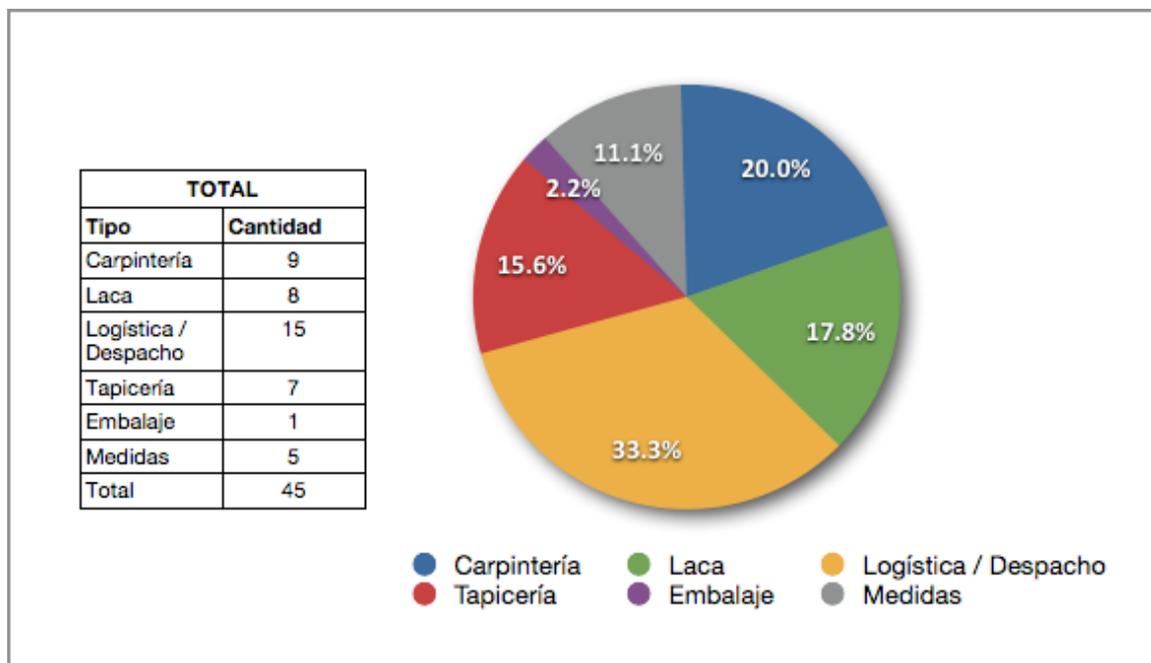
Es por eso que el primer paso que se realizará para determinar la voz del cliente y las falencias que AHCORP posee en la satisfacción del mismo, será el análisis de quejas del cliente con respecto a la calidad de los muebles. Se utilizó para este análisis datos, proporcionados por la dirección de la empresa, correspondientes a las quejas recibidas de clientes de los años 2009 y 2010 (Burbano).

Los datos observados en la Gráfica 1 son los porcentajes respectivos de cada tipo de queja recibida en los años mencionados; estas quejas se reparten entre problemas de carpintería, laca, logística/despacho, tapicería, embalaje y medidas. El total de quejas recibidas en los dos años suman 45, de un total aproximado de 27,600 muebles vendidos en dicho período, eso representa al 0.16% de la producción total de producto entregado a clientes (Burbano). Del total de quejas, el 64% son generadas por errores en áreas que no serán incluidas para el estudio del proyecto de tesis; estas áreas son: logística/despacho (área que opera fuera de la fábrica y no entra en el alcance del proyecto), carpintería (proceso nuevo de la fábrica que necesita estandarización previa, explicación más detallada se encuentra en el punto 5.3.1.) y medidas (proceso se encuentra fuera de la fábrica y no entra en el alcance del proyecto).

Después del análisis realizado, se concluyó con el grupo del proyecto Seis Sigma que no es necesario analizar al cliente externo de la empresa, debido a que los problemas que se generan en el proceso productivo del mueble no afectan al cliente final que es el mercado objetivo de AHCORP, sino a los clientes internos

de la empresa, que son las diferentes áreas productivas que conforman la cadena de valor interna de la empresa.

Gráfica 1: Gráfica del total de quejas de clientes registradas en los años 2009 - 2010 en AHCORP



Fuente: AHCORP

Realización: Propia

Para poder analizar la voz del cliente interno de AHCORP, se realizó una lluvia de ideas con los jefes de la planta y supervisores de procesos escogidos acorde a su nivel de conocimiento en el tema de la fabricación de muebles. La lluvia de ideas entregó varios resultados, de los cuales se eligieron los más significativos, con Francisco Burbano. A continuación se muestran dichos resultados:

1. Entregas dentro del tiempo de espera ofrecido.
2. Diseño acorde al pedido del cliente o a los espacios donde será ubicado el mueble.
3. Construcción de la estructura acorde al diseño solicitado.
4. Calidad de la pintura/laca del mueble en estado óptimo y durabilidad del mismo.
5. Calidad del tapizado del mueble y duración del mismo.

6. Embalado del mueble que recubra totalmente al producto.
7. Exclusividad del mueble.
8. Superficie de lacado uniforme.
9. Comodidad del mueble.
10. Durabilidad de la estructura del mueble.

A continuación se organizaron los resultados de la lluvia de ideas acorde al departamento y proceso al que pertenecen. Se realizó una tabla de valorización con grupos de afinidad, ver *Tabla 1*, para organizar los factores de calidad acorde al departamento al que pertenecen con su respectivo proceso y luego calificar a cada uno de ellos acorde a su importancia respecto a la satisfacción del cliente interno. Los niveles de calificación usados pertenecen a una escala de intervalo de 5 puntos: no importante, poco influyente, influyente, muy influyente y crítico; estos representan valores que van del 0 al 4 respectivamente, para poder medir un desempeño cuantitativo de cada factor de calidad (Investigación de mercados).

Se ha agregado de igual manera un valor de ponderación a cada departamento que obedece a la importancia y relación que cada uno posee con el factor de satisfacción al cliente. La ponderación ha sido acordada con el personal que participó en la lluvia de ideas.

Como se observa en la *Tabla 1*, el departamento de diseño tiene la ponderación más baja debido a que desarrolla una actividad que requiere un análisis diferente llamado "Design for Six Sigma" y además el proceso opera fuera de la fábrica, por ello se le otorgó una ponderación de 0.1; el departamento administrativo tiene una ponderación intermedia de 0.2, por que así como es un departamento clave para el manejo de la empresa y del control de la producción, también es un departamento manejado por un cuerpo de personas muy conocedoras de la gestión industrial, que actualmente se encuentran trabajando en mejorar las falencias y problemas de la empresa, por lo que el departamento posee una gestión sobresaliente y se debe tomar en cuenta con mayor atención otros departamentos. Los departamentos de compras y de producción tienen la mayor

ponderación (0.35), debido a que influyen directamente con la calidad del producto y con la satisfacción del cliente; una demora o falla en estos departamentos afectará directamente al servicio al cliente.

Para finalizar el análisis cualitativo se realizó un cálculo que relaciona cada uno de los procesos con la calificación de importancia que se los ha otorgado. De ello se obtuvo un promedio ponderado que permite conocer los procesos más críticos para la calidad del producto y la satisfacción del cliente.

Tabla 1: Diagrama de Afinidad para medir influencia de factores de calidad en procesos de AHCORP

Departamento y proceso		Factor de calidad	No importante	Poco importante	Influente	Muy influyente	Crítico	Promedio Ponderado	
Departamento administrativo (0.2)	Proceso de planificación de pedidos y organización de información	Entregas dentro del tiempo de espera ofrecido.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.8	
	Proceso de embalaje y despacho del producto.	Embalado del mueble que recubre totalmente al producto y evite desperfectos generados en el traslado del mueble	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.6	
Departamento de diseño (0.1)	Proceso de diseño del mueble	Diseño acorde al pedido del cliente y a los espacios donde serán ubicados.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.4	
		Exclusividad del mueble	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.2	
		Comodidad del mueble.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.3	
Departamento de compras (0.35)	Proceso de compra de insumos y materia prima	Calidad de la pintura/laca del mueble en estado óptimo y durabilidad del mismo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.4	
		Construcción de la estructura acorde al diseño solicitado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.4	
Departamento de producción (0.35)	Proceso de Carpintería	Durabilidad de la estructura del mueble.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.4	
		Proceso de Lacado	Uniones del mueble sin laca chorreada, lacado de buena calidad.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.4
			Proceso de Tapizado	Calidad del tapizado del mueble y duración del mismo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Fuente: Lluvia de ideas realizada en AHCORP

Realización: Propia

Podemos observar en la Tabla 1 que los departamentos críticos para la producción de muebles en AHCORP son los de compras (materia prima - insumos) y producción del mueble. Estos han sido elegidos como críticos por que influyen directamente sobre la calidad del producto, de manera que las fallas en estos procesos generan inconformidades en los muebles, los cuales deben ser reprocesados, ocasionando retrasos en las órdenes y obligando a los empleados a incrementar sus horas laborales para poder entregar las órdenes a tiempo (Pyzdek 668).

4.2.3. Análisis de la voz del cliente de AHCORP y determinación de factores críticos de la calidad (VCC)

La empresa AHCORP ha demostrado un crecimiento importante en los últimos años y actualmente se encuentra compitiendo en los mercados de varios países de América (Hoyos). Al ser una empresa que representa una marca tan distinguida como son los muebles “Adriana Hoyos”, la imagen frente a los clientes se convierte en un factor crucial y las exigencias por parte del mismo serán cada vez más altas con relación al crecimiento y prestigio de la marca a nivel internacional.

El análisis de la voz del cliente de AHCORP es presentado en la Tabla 2:

Tabla 2: Detalle de VOC, CCR, VCC.

Factor	Detalle
VOC (voz del cliente)	Tiempo que se atrasan las órdenes generan descontento en los clientes/empleados debido a retrasos en la entrega.
CCR (requerimientos críticos del cliente)	El producto adquirido no tenga retrasos en su manufactura para que pueda ser entregado a tiempo.
VCC (Variable crítica de calidad)	Retrasos en la manufactura que son generados por <u>REPROCESOS</u>

Fuente: Análisis cualitativo (5.2.2)

Realización: Propia

Del análisis cualitativo de los procesos críticos para la satisfacción del cliente, se pudo obtener tres procesos que influyen directamente sobre la calidad del producto. Las fallas de calidad que se generan en estos procesos ocasionan retrasos en la producción del mueble, debido a que en dicho caso, se necesitará reprocesar al producto (Burbano). Para que el producto no llegue tarde a las manos del cliente, los empleados incrementan su jornada de trabajo y esto genera disconformidad, además existen ocasiones en las que el aumento del turno no es suficiente y el cliente recibe tarde su pedido (Burbano). Por esta razón se ha

elegido como voz del cliente el tiempo que se atrasan las órdenes de los clientes con respecto al calendario de producción. Como se explicó anteriormente, no existen muchas quejas respecto a órdenes entregadas de manera tardía, pero a cambio el personal de AHCORP debe aumentar sus horas laborales con el objetivo de terminar los pedidos a tiempo.

Para lograr cumplir con la voz del cliente y evitar disconformidades en clientes o empleados respecto a los atrasos del mueble, se debe disminuir los retrasos en el producto y atacar primeramente al proceso que está generando la mayoría de estos retrasos y así continuar con el resto de procesos. Este es el requerimiento crítico del cliente.

Posteriormente se puede tomar como factor crítico para la calidad al problema principal que genera retrasos en la producción del mueble: reprocesos en el proceso productivo.

4.3. Definición y análisis de alcance del proyecto.

4.3.1. Detalle de la información recopilada de la empresa sobre desperdicios y reprocesos.

Del análisis cualitativo se obtuvo que el factor crítico para la calidad del producto es el reproceso del mueble. Ahora se debe evaluar de manera específica el área que posee la mayor cantidad de reprocesos.

A continuación se adjuntan la Tabla 3, y la gráfica 1; en ellas se encuentra detallada la información de los reprocesos que la fábrica tuvo en los meses de marzo y abril, fechas entre las cuales se realizó una toma de datos del proceso productivo para evaluar el rendimiento de la empresa (Burbano). Los reprocesos en este período de tiempo reflejan que el proceso productivo contiene errores que deben ser corregidos para mejorar el proceso.

Tabla 3: Reprocesos en los procesos productivos tomado en los meses marzo y abril del 2010.

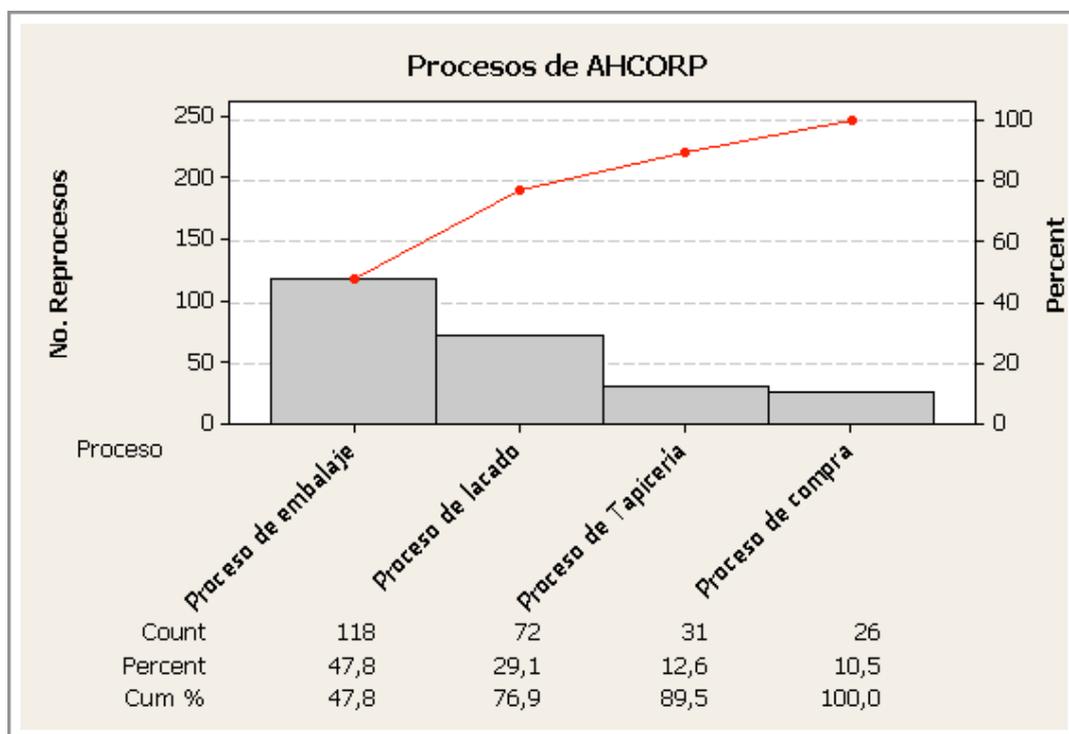
Proceso	Total	Porcentaje
Proceso de lacado	72	29.15%
Proceso de Tapicería	31	12.55%
Proceso de compra de insumos y materia prima	26	10.53%
Proceso de embalaje	118	47.77%
TOTAL	247	100.00%

Fuente: AHCORP

Realización: Propia

Se puede observar en la Tabla 3, que el proceso que reporta la mayor cantidad de reprocesos es el de embalaje, con 47.7% del total de incidencias. Es seguido por el proceso de lacado con el 29.1% del total de reprocesos. Podemos concluir de la Gráfica 2 que el proceso de embalaje es el proceso crítico que debe ser mejorado.

Gráfica 2: Diagrama de Pareto de los procesos productivos de AHCORP y su número de reprocesos.



Fuente: AHCORP

Realización: Propia

Podemos observar que el análisis del 80/20 en la Gráfica 2 pone como procesos a analizar al embalaje y lacado. A continuación se procedió a analizar detenidamente al proceso de embalaje por medio de datos específicos del tipo de disconformidad que había ocasionado cada uno de los reprocesos, debido que para dicho proceso no se reportaron las disconformidades encontradas en el proceso en sí (en la calidad de la envoltura del mueble), sino de las fallas que se habían encontrado en los muebles. Esto se realiza con un segundo chequeo al producto terminado mientras se lo empaca, debido a que en este proceso se recorre cada parte del mueble para envolverlo con cartón corrugado y es la oportunidad para la realización de éste último chequeo que asegurará la calidad del producto que recibirá el cliente. En la tabla 4 se puede observar el detalle de los reprocesos por tipo de disconformidad.

Tabla 4: Detalle del tipo de reprocesos en el proceso de embalaje tomado en los meses marzo y abril del 2010.

Tipo de falla	Total	Porcentaje
Golpes	5	4.24%
Medidas	2	1.69%
Estabilidad	6	5.08%
Accesorios	2	1.69%
Armado	17	14.41%
Enchape	12	10.17%
Limpeza	4	3.39%
Vidrio / Mármol	1	0.85%
Tapicería	14	11.86%
Laca	55	46.61%
TOTAL	118	100.00%

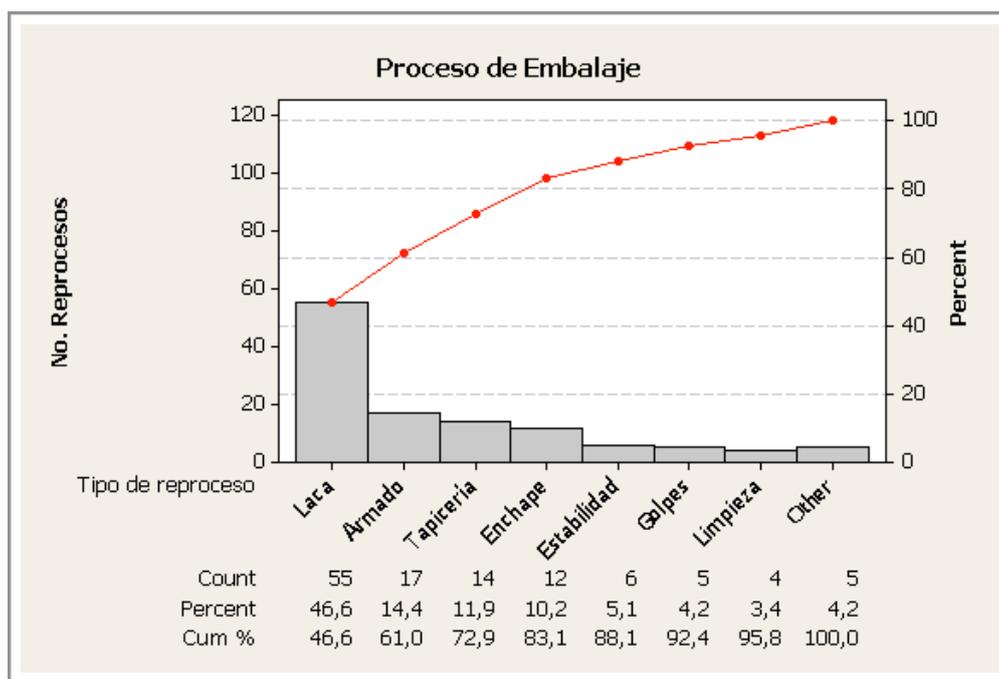
Fuente: AHCORP

Realización: Propia

Para el proceso de embalaje se observa un total de 118 reprocesos. Se puede apreciar que las disconformidades frecuentemente encontradas en el chequeo realizado en el proceso de embalaje, son referentes a defectos en el lacado del mueble. En la gráfica 3 se puede ver que el análisis de 80/20 entrega cuatro defectos que hay que tomar en cuenta: laca, armado, tapicería y enchape. Estos

defectos no pertenecen al área de embalaje sino a los procesos de lacado (laca, armado y enchape) y tapicería. Por esta razón el proceso de embalaje se descarta como proceso crítico y se modifica la tabla 3, añadiendo los defectos a su proceso respectivo. En la Tabla 5 se puede observar los nuevos datos de reprocesos y en la Gráfica 4 su nuevo análisis de Pareto.

Gráfica 3: Diagrama de Pareto del número de reprocesos en el procesos de embalaje.



Fuente: AHCORP

Realización: Propia

Después del nuevo análisis 80/20, se tiene los procesos de lacado y tapizado como los críticos de la producción de muebles en AHCORP, pero se va a descartar al área de tapizado del análisis al poseer éste tan poca influencia en el total de defectos en los muebles (18%) para centrar la atención en el proceso crítico de la fábrica, el cual es el lacado (63%). La información se puede ver en la Gráfica 4.

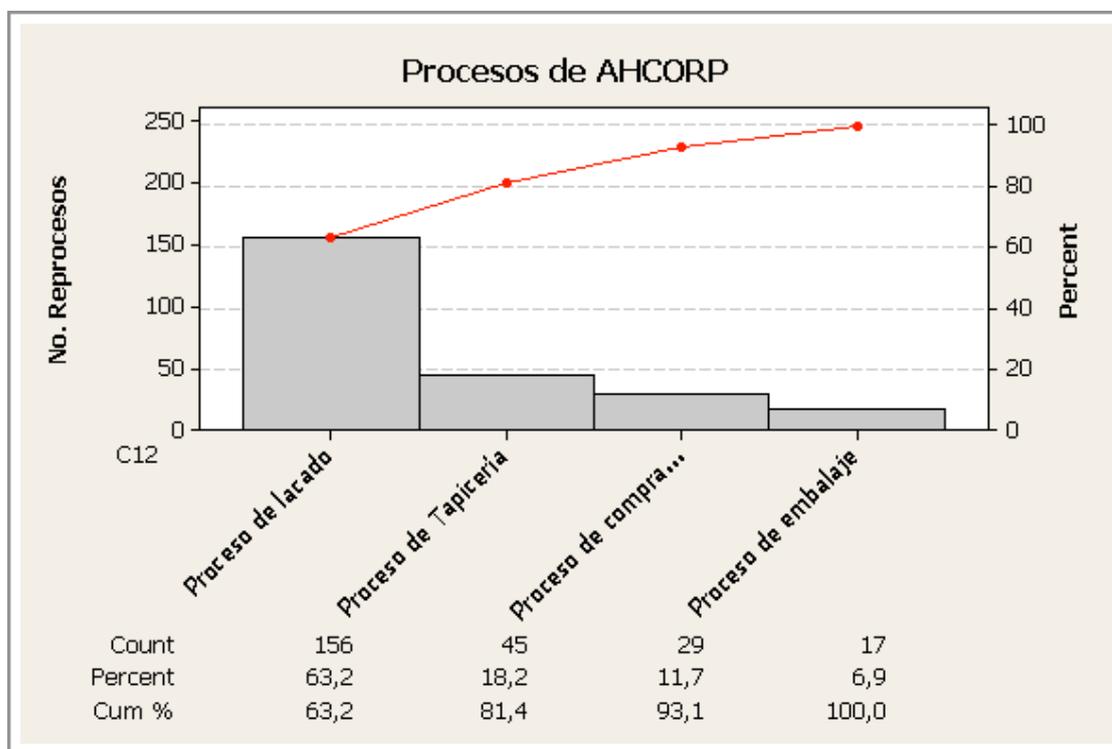
Tabla 5: Reprocesos en los procesos productivos tomado en los meses marzo y abril del 2010 (modificado).

Proceso	Total	Porcentaje
Proceso de lacado	156	63.16%
Proceso de Tapicería	45	18.22%
Proceso de compra de insumos y materia prima	29	11.74%
Proceso de embalaje	17	6.88%
TOTAL	247	100.00%

Fuente: AHCORP

Realización: Propia

Gráfica 4: Diagrama de Pareto de los procesos productivos de AHCORP y su número de reprocesos (Modificado).



Fuente: AHCORP

Realización: Propia

Se debe tomar en cuenta que no existen datos históricos para el proceso de carpintería, y esto debido a que el proceso fue recientemente implementado en la fábrica, tras la adquisición de instalaciones para carpintería (Burbano). Por lo que se descartó el proceso de carpintería para la realización del proyecto de

mejoramiento de calidad, debido a que se requiere realizar otro tipo de análisis previo en el proceso para poder ser llevado a calidad Seis Sigma.

Los datos de reprocesos generados en la fábrica de AHCORP en los meses señalados, muestran que el área de lacado posee el mayor número de disconformidades dentro del proceso productivo.

4.3.2. Identificación del proceso cuello de botella y crítico para la calidad del producto.

En el análisis cualitativo realizado previamente se obtuvo los resultados de los procesos críticos para la calidad del producto y la satisfacción del cliente. Estos procesos se encontraban en su mayoría dentro del departamento productivo de AHCORP y comprendían los procesos de carpintería, lacado, tapizado y compras de insumos; los reprocesos en esas áreas son el factor crítico para la calidad (Burbano). De los datos históricos de AHCORP, se pudo llegar a la conclusión de que el proceso de lacado es el que posee un mayor número de falencias en la calidad, las cuales generan un mayor índice de reprocesos. Estos reprocesos generan pérdidas económicas grandes a AHCORP y perjudican el tiempo de entrega del producto, afectando también a la satisfacción del cliente. Es por eso que el proceso de lacado ha sido elegido como el proceso crítico de AHCORP que será posteriormente medido, analizado, mejorado y evaluado, con el objetivo final de presentar a la dirección de AHCORP una propuesta de mejora para el proceso que llevará su calidad hacia los estándares de Seis Sigma.

4.4. Análisis detallado del proceso crítico de producción de muebles en AHCORP.

4.4.1. Diagrama del Proceso de Lacado.

Se presentan cuatro diagramas de procesos, correspondientes a cada subproceso del área de lacado; estos son: proceso de tinturado, proceso de sellado, proceso de lijado y proceso de lacado. Éstos son una adaptación de los diagramas de procesos originales de la empresa provista por la dirección de la misma (Burbano). Los cuatro diagramas se los puede ver en los Anexos 3, 4, 5 y 6.

4.4.2.SIPOC del proceso de lacado (proveedores, entradas, procesos, salidas, clientes)

A continuación se realiza el análisis SIPOC del proceso de lacado, donde se analiza la cadena de valor enfocada en el proceso crítico, encontrado en los análisis previos, de la fábrica de muebles AHCORP.

- Proveedores: El proveedor principal de los materiales e insumos del proceso es la empresa ACSUIN, la que entrega a AHCORP la laca de origen español Valresa, el sellador, thinner y otros insumos de pintura y lacado (Burbano).
- Entradas: La entrada principal que tiene el proceso de lacado es la estructura de madera previamente lijada proveniente del proceso de carpintería o del proveedor de estructuras de madera (Burbano).
- Procesos: El proceso de lacado cuenta con varios subprocesos que vendrían a ser los procesos del lacado; estos son el proceso de tinturado, el proceso de sellado, el proceso de lijado y el proceso de lacado (Burbano).
- Salidas: La salida es el mueble lacado e inspeccionado, asegurando que hasta ese punto del proceso la calidad del producto sea óptima (Burbano).
- Clientes: Los clientes de los productos en proceso que terminan el lacado pueden ser dos; el proceso de tapizado, si es que el mueble lo necesita en caso de ser una silla por ejemplo, o en su defecto, el proceso de embalaje del producto terminado en caso de que el mueble por motivos de diseño no requiera pasar por el proceso de tapizado como puede ser el caso de una mesa o un aparador (Burbano).

4.4.3.Detalle de actividades del proceso de lacado.

Para poder conocer de mejor manera el proceso de lacado, se detallan a continuación las actividades que se realizan en cada uno de los subprocesos que lo componen; los subprocesos son: tinturado, sellado, lijado y lacado; éstos han sido detallados acorde a la descripción entregada por Francisco Burbano (Burbano).

1. Proceso de Tinturado:

- Recepción del listado de planificación para el proceso de lacado del mueble donde se especifican los materiales, herramientas, materia prima que debe ser usada y las consideraciones especiales para el proceso de lacado del mueble.
- Recepción del mueble del área de carpintería o en su defecto del proveedor de estructuras de madera. La estructura viene previamente lijada.
- Lijado y masillado del mueble, con motivo de dejar la superficie uniforme para la tinturación
- Tinturado del mueble con soplete y chequeo de acumulaciones y grumos.
- Adición de código para reconocimiento del mueble
- Colocación del mueble en el espacio de ventilación para secado de la pintura

2. Proceso de Sellado:

- Colocación del mueble en cabina de sellado.
- Aplicación de sellador con soplete.
- Reposo del mueble de dos horas para secado del sellador.

3. Proceso de Lijado:

- Lijado del mueble completo.
- Eliminar el polvo de forma manual
- Eliminación del polvo restante en uniones y partes inasequibles con pistola de aire.
- Revisión de la superficie del mueble, comprobando que la superficie sea uniforme, caso contrario masillar las imperfecciones.

- Segundo tinturado del mueble para cubrir imperfecciones de lijado y masillado.

4. Proceso de Lacado:

- Colocación del mueble en cabina de lacado.
- Aplicación de la laca Valresa en toda la estructura.
- Colocación del mueble en área de presecado (20-30 min).
- Colocación del mueble en horno de secado (1 hora)
- Envío del mueble al área de tapizado o armado.

4.5. Resumen ejecutivo de la propuesta del proyecto de mejoramiento de la calidad (Project Charter): Ver Anexo 7

5. Medición y análisis del problema del proceso crítico de AHCORP.

El proceso crítico de AHCORP fue definido como el lacado, el cual cuenta con la mayor cantidad de reprocesos (VCC). Este proceso debe ser medido y analizado para así determinar las causas principales que ocasionan los defectos en los muebles. En esta fase se realiza un análisis exhaustivo de los defectos que presentan los muebles después de salir del proceso de lacado; adicionalmente se requiere determinar las causas raíz de dichos defectos. Para poder llegar a las causas principales, se realiza una lluvia de ideas con el personal experto de AHCORP en el lacado y la calidad del mueble. Finalmente, contando con la información obtenida, se mide el proceso para determinar su capacidad actual y su variación (Gutiérrez 551).

5.1. Detalle y análisis de los problemas en la producción.

El proceso de lacado consta de varios subprocesos que componen una actividad que permite dar forma y acabado a la madera del mueble (Burbano). Cualquier defecto en este proceso será identificado claramente por ser éste una disconformidad en el acabado superficial del producto, la cual será perfectamente visible y afectará a la calidad esperada del mueble (Muñoz). En los otros procesos productivos, los defectos pueden no ser visibles, y pueden afectar a atributos como confort, estilo, exclusividad, los cuales pertenecen a la calidad deseada y distintiva (Muñoz).

Para determinar los problemas principales se procedió a realizar una lluvia de ideas con los responsables del proceso de lacado, para así conocer y medir los principales defectos que se generan en el producto durante el proceso de lacado. En el análisis cualitativo de los reprocesos (VCC's) se busca determinar los principales problemas del área de lacado y la importancia de cada uno de éstos, en temas de costo, tiempo y esfuerzo.

5.1.1. Análisis cualitativo de los CTQ's.

Los reprocesos generados en el área de lacado son diversos, y representan varios problemas que se reparten en los diferentes subprocesos que tiene la actividad principal. Para determinarlos, se organizó una segunda lluvia de ideas, esta vez con expertos del área de lacado exclusivamente, los cuales enumeraron según su experiencia a los problemas que suelen producir los reprocesos en los muebles. Los datos de la lluvia de ideas se puede ver organizado en el diagrama de Ishikawa en el Anexo 8. Para poder conocerlos de mejor manera se explica cada uno a continuación (Muñoz):

- Laca chorreada: es cuando en la superficie del mueble, especialmente en las esquinas y lugares cerrados, se encuentran rastros de laca chorreada en forma de gotas, las cuales requieren de un reproceso local.
- Levantamiento de pega en tableros: también conocido como el levantamiento de la chapa. La chapa es el material de madera que sirve para cubrir a la estructura; ésta puede tener formas o acabados especiales acorde al estilo del mueble que se va a construir. El levantamiento de la chapa se produce generalmente en las esquinas de la misma; hay que tomar en cuenta que la chapa no cubre totalmente la superficie del mueble y es necesario en varias ocasiones usar mas de una pieza de chapa, por lo que el levantamiento se notará con bastante claridad. El reproceso es local.
- Masillas rechupadas: la masilla es un material utilizado para corregir las fallas en la madera por golpes o errores de fábrica, para que ésta pueda tener una superficie uniforme. El término rechupada refiere a un error de la pintura o laca en la superficie de la parte masillada, la cual tomará un color diferente al del resto del mueble y se lo verá en forma de un ojo. El reproceso es local.
- Levantamiento de tablilla: similar al levantamiento del enchape, el levantamiento de la tablilla es originado por fallas en su colocación y

pegado. La tablilla recubre por lo general los lados del mueble. El reproceso es local.

- Igualado de color: es un problema que se da en la pintura del mueble; es especialmente notorio cuando los muebles forman una sola pieza o un conjunto (veladores y cama por ejemplo). El problema es el color desigual en los muebles que deben hacer conjunto. El reproceso es total.
- Porosidad del mueble: es el fallo en el nivel de porosidad del mueble y en el tamaño del poro. El poro es importante para el estilo del mueble y se lo puede evidenciar en la laca. Ésta es una característica fundamental de los muebles de AHCORP por lo que debe ser cuidadosamente examinada. El reproceso es total.
- Reacciones químicas de la laca: en las estructuras de madera que vienen de proveedor, existen ocasiones en las que la madera no posee una calidad óptima. El problema de calidad de la madera ocasionará que la laca reaccione en la superficie del mueble y no obtenga la firmeza y el acabado deseado, generando defectos en la superficie del mueble. El reproceso es total.
- Grumos en la madera: los brumos es una palabra técnica para referirse a inconformidades en la superficie del mueble debido a que la misma no es homogénea y posee puntos en los que se notan pequeñas elevaciones ya sea por errores en la madera o en el masillado. El reproceso es local.
- Laca de mala calidad en muebles terminados por proveedor: existe un tipo de muebles que son terminados y entregados por un proveedor, los cuales son considerados como un proceso especial no cotidiano. Existen ocasiones en las que estos muebles traen problemas con la calidad del lacado, entonces deben volver al principio del proceso para poder corregir el problema. El reproceso es total.

- Mal Lijado: es un problema que se genera en el subproceso de lijado del mueble y se nota por que la superficie del mueble no se encuentra cien por ciento lisa. Por lo general el lijado se lo pasa por alto en las partes menos asequibles y visibles de la pieza de madera por lo que es en otros subprocesos donde se notan este tipo de fallas. El reproceso es local
- Golpes en tapicería: son defectos que adquieren los muebles debido a golpes en la superficie. El proceso de tapicería está fuera del lacado pero se lo considera a este reproceso dentro del mismo por que en caso de presentarse este tipo de problemas, el mueble debe volver al inicio del subproceso de lijado y pintado. El reproceso es global.
- Falla de fábrica: Se explicó anteriormente que existe un porcentaje de estructuras de madera que no se fabrican dentro de la planta en el proceso de carpintería, sino que son compradas a un proveedor. En los lotes entregados, suelen existir estructuras de madera con diversos problemas como mal lijado, mala calidad, etc. El reproceso es local.

Esos son los problemas principales que presentan los muebles y que generan los reprocesos más importantes en la fábrica. Se debe determinar el nivel de incidencia de cada uno de los problemas para obtener de esa forma los problemas críticos del área de lacado. Con ese motivo se midió al proceso en forma de atributos, siendo cada problema una inconformidad, para determinar si el producto cumple con la especificación o no, en cuyo último caso se deberá reprocesar.

De esta forma, se realizó un análisis estadístico para poder encontrar el tamaño de la población que se debía analizar para obtener datos precisos. Se utilizó el cálculo del tamaño de muestra para la proporción de artículos defectuosos, empleando la fórmula para el cálculo del tamaño de la muestra “n” para estimar la proporción “p” con un error máximo del 2% de artículos. El error no afectará a la probabilidad de que llegue un artículo con defectos al cliente (se realiza un

segundo chequeo de calidad para toda la población en el área de embalaje con motivos de disminuir esta probabilidad mencionada), de igual forma se estimó con la dirección de AHCORP, que un error del 2% es adecuado debido a la disponibilidad de toma de datos en la fábrica, la cual es reducida (Burbano).

La fórmula empleada para el cálculo de “n” es la de la ecuación 4 del marco teórico, con valores de:

- $\alpha = 0.05$
- $Z = 1.96$
- $P = 0.05$
- $E = 0.02$

El resultado obtenido es un tamaño de muestra de $n \approx 457$ muebles que deben ser analizados. Los resultados que se buscan obtener se deberán organizar en forma de atributos que pueden dar dos resultados: mueble con defecto(s) o mueble sin defecto(s). Adicionalmente a la recopilación del resultado del atributo del mueble, se recolectará, en caso de presentar el atributo de “mueble con defecto(s)”, la información de la causa del defecto que se presenta en dicho mueble, el proceso en el que se originó y el código de identificación del mueble.

La toma de datos se realizó entre los días 29 de septiembre del 2010 y 13 de octubre del 2010, entre los cuales se analizó a 465 muebles de varios modelos. Los resultados se pueden apreciar en la Tabla 6.

La información adicional recopilada en la toma de datos también se muestra en la tabla 6 y ésta contiene el detalle del tipo de defecto que se encontró en el mueble, sus observaciones y el número de incidencias que hubo en las fallas más comunes que la fábrica posee (encontradas en la lluvia de ideas). Esta información ayudará a determinar que tipo de defectos son los mas incidentes en el área de lacado (proceso en análisis).

Tabla 6: Cantidad de defectos en el proceso de lacado.

TIPO DE FALLAS EN EL PROCESO DE LACADO Y CANTIDAD		
FALLAS EN EL PRODUCTO	# Reproceso	Observaciones
Laca chorreada	4	Chorreada en las uniones de los muebles, uno en la pata
Levantamiento de pega en tableros	0	
Masillas rechupadas	5	Masilla rechupada, cajones, reparaciones.
Levantamiento de tablilla	0	
Igualado de color	4	Mal igualado el color, mal cogido el color
Porosidad del mueble	0	
Reacciones químicas de la laca	0	
Brumos en la madera	2	Brumos en la madera, falla de lijado
Laca de mala calidad en muebles terminados por proveedor	0	
Mal Lijado	2	Falla de lijado "con rayas", falla lijado de masillar,
Golpes en tapicería	17	Golpes en el mueble, abolladuras generadas en el proceso de tapicería.
Falla de fábrica	8	Mal lijado, mal color crash, fallas fábrica.
TOTAL	42	

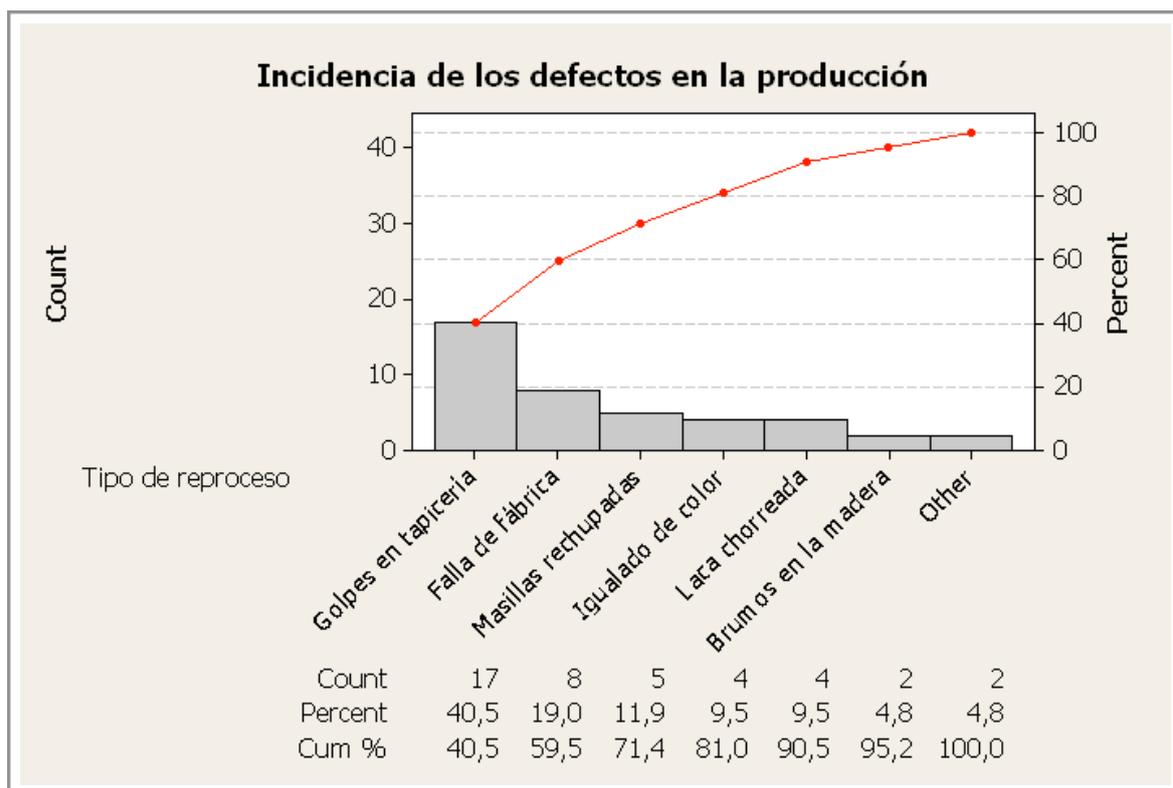
Fuente: AHCORP

Realización: Propia

Los datos para la realización de la Tabla 6 fueron tomados en AHCORP mediante una hoja de control de reprocesos que se puede ver en el Anexo 9. La Tabla muestra el tipo de problema junto con el número de reprocesos obtenidos por dicho defecto en el total de la muestra tomada. Junto a las dos columnas mencionadas se encuentra una tercera que contiene información adicional respecto a los reprocesos. El total de defectos, que generaron un reproceso, encontrados en el análisis de los 465 muebles en el período de dos semanas mencionado es 42, los cuales se encuentran repartidos entre diferentes problemas, algunos con gran cantidad de incidencia mientras que otros con participación nula. En la Gráfica 3 se puede apreciar un análisis de Pareto que

muestra en porcentaje la incidencia de los defectos en el proceso de lacado de la producción de muebles en AHCORP.

Gráfica 5: Nivel y porcentaje de incidencia de los defectos en el proceso de lacado de la producción de muebles.



Fuente: AHCORP

Realización: Propia

Se puede observar en la Gráfica 5 que el problema con mayor incidencia es el de golpes en el proceso de tapicería con 40.5%, seguido por las fallas de fábrica (19%), masillas rechupadas (11.9%) e igualado de color (9.5%); éstos son los que reúnen el porcentaje acumulado de 80%, por lo que serán elegidos como los problemas críticos que deben mejorarse acorde al análisis 80/20. Esta información sería suficiente para empezar a medir el proceso y determinar si se encuentra dentro de las especificaciones para determinar las posibles soluciones, pero antes se debe tomar en cuenta la criticidad de cada problema, por que pese a que algunos sean más incidentes que otros, dichos reprocesos pueden ser más laboriosos y costosos (costo, tiempo, recursos) que otros, lo que se presta para

otro tipo de valoración cualitativa que permita llegar hasta los problemas críticos (Burbano).

Para esta valoración se estudió el tipo de reproceso que cada problema genera. El análisis consistió en identificar los problemas cuyos reprocesos sean más costosos y laboriosos que otros, para lo que se identificó dos tipos de reprocesos: local y global.

- El reproceso local es aquel que se lo hace en la parte del defecto; por ejemplo, si tenemos un defecto de laca chorreada en un mueble, lo que se realiza es eliminar el brumo e igualar el espacio donde estaba el problema (Muñoz). De la misma forma si existe un reproceso local de lijado, se lijará solamente la parte inconforme, mas no el mueble completo (Muñoz). El reproceso local gasta menos recursos, por lo que es menos costoso, menos laborioso y más rápido (Muñoz). Según la información provista por la dirección de la empresa, los reprocesos locales pueden variar dependiendo del tamaño del mueble, pero se encuentran en un rango de 5 - 20 minutos, acorde al tipo de reproceso y a las dimensiones del mueble (Burbano).
- El reproceso global es bastante crítico porque consiste en la realización de un lijado total o en su defecto un proceso de descascarar al mueble para sacarle la pintura, sellador, laca de su superficie, y comenzar nuevamente el proceso desde cero (Muñoz). En este tipo de reproceso la cantidad de recursos que se gastan es considerablemente superior al reproceso local, y por ende más crítico (Muñoz). Según la información provista por la dirección de la empresa, los reprocesos totales pueden variar dependiendo del tamaño del mueble, pero se encuentran en un rango de 1 ½ - 2 ½ horas, acorde al tipo de reproceso y a las dimensiones del mueble (Burbano).

Para la realización de un análisis cuantitativo respecto al impacto de cada reproceso en las finanzas de la empresa, se procedió a analizar y estimar los costos referentes a reprocesos locales y totales. Para ello se utilizó información provista por la dirección de AHCORP descrita en la Tabla 7.

Según los datos provistos por la empresa, el costo de una hora de mano de obra AHCORP es de US\$65.73 aproximadamente. Haciendo cálculos simples entre el costo por hora de mano de obra y el tiempo aproximado de reproceso provisto por expertos de AHCORP, se puede decir que el costo de un reproceso total de un mueble varía entre los valores US\$98 - US\$164 aproximadamente, acorde al tamaño del mueble.

Para los reprocesos locales se evaluará el costo del reproceso local aproximado más simple y el más laborioso:

- El reproceso más simple es el de falla de lijado y puede durar de 5 a 10 minutos acorde al tamaño del mueble; el costo que envuelve este reproceso es el del tiempo que demore el lijador y el retocador en arreglar el imperfecto (Muñoz).
- El reproceso más laborioso será el de la laca chorreada, la cual deberá ser lijada, retocada y relacada de manera local. Para esto se tomarán 20 - 25 minutos del tiempo de producción (Muñoz). Los costos en este caso seguirán siendo menores en comparación a un reproceso global y no deberán rebasar los US\$30 (Muñoz).

Tabla 7: Cálculo de costos totales por hora de producción en AHCORP.

	Tinturadores	Igualadores	Selladores	Lijadores	Retocadores	Lacadores	Ensambladores
# de trabajadores	4	2	2	9	4	2	5
Sueldo	413.16	413.16	413.16	413.16	413.16	413.16	413.16
Horas laboradas al mes	176	176	176	176	176	176	176
Costo/hora	9.39	4.70	4.70	21.13	9.39	4.70	11.74
costo total mano de obra / hora	US\$65.73						

Fuente: AHCORP

Realización: Propia

En la Tabla 8 se aprecia los problemas del área de lacado seleccionados, tomando en cuenta el análisis 80/20 realizado en la Gráfica 5, junto con sus posibles causas y el tipo de reproceso que poseen. Podemos notar que los procesos que mayor atención requieren son: golpes de tapicería, igualado de

color y masillas rechupadas, los cuales tienen una importante incidencia en el número de fallas del proceso, además de tener un reproceso “global”. El reproceso de falla de fábrica ha sido dividido en dos: reproceso de reacción química de la madera, el cual será tomado en cuenta como reproceso crítico (porque genera reprocesos globales), y otros reprocesos como el de mal lijado que no serán tomados en cuenta; otros reprocesos adicionales serán descartados. Finalmente tendremos como reprocesos críticos que deben mejorarse los que se encuentran en amarillo en la Tabla 8, estos son:

1. Golpes en el mueble ocasionados en el proceso de tapicería.
2. Igualado de color del mueble.
3. Masillas rechupadas.
4. Falla de fábrica por reacciones químicas en la madera que ocasiona el levantamiento del enchape.

Tabla 8: Análisis de las fallas incidentes en el proceso de lacado.

ANÁLISIS DE FALLAS EN EL PROCESO DE LACADO		
FALLAS EN EL PRODUCTO	POSIBLES CAUSAS	TIPO REPROCESO
Laca Chorreada	Falla trabajador, clima: frío disminuir diluyente, calor aumentar diluyente	LOCAL
Masillas Rechupadas	Masilla de mala calidad; humedad de la madera fuera de límites de especificación	GLOBAL
Igualado de Color	Retoque, muebles de conjunto tiene diferencia de color, falta de atención de los pintores, mayor cargado de pintura al mueble, más pintado	GLOBAL
Mal Lijado / Falla de Fábrica	Falla del trabajador, falta de homogeneidad en la superficie	LOCAL
Golpes en Tapicería	Falta de cuidado al manipular los muebles	GLOBAL
Falla de Fábrica	Reacciona la madera, mal lijado	GLOBAL

Fuente: AHCORP

Realización: Propia

Se ha decidido en este punto, junto con la aprobación de Francisco Burbano (jefe de planta y miembro del equipo del proyecto), que el problema crítico de “golpes en tapicería” no será incluido en el análisis cualitativo y diseño experimental posterior, al ser éste un problema en el que solo interviene la atención, concentración y buenas prácticas de los trabajadores del área de tapicería (Burbano). Al ser un problema netamente de falla humana es difícil encontrar factores que se puedan voluntariamente variar para poder involucrarlo en el diseño experimental y por lo tanto se lo tratará de forma separada (Montgomery 2). Para la solución de este problema se procederá a la revisión y mejora de los métodos y estándares de trabajo en el área de tapizado mediante análisis del ambiente del puesto de trabajo. Por motivos de la extensión que este análisis propone al proyecto de grado, se procederá a la realización del estudio para la tapicería de un solo mueble de la colección “Coco”. A futuro, si la empresa considera que es de gran valor el estudio para lograr la correcta optimización del área de tapizado, el análisis realizado en éste proyecto servirá de guía para la correcta realización de los análisis complementarios de los diferentes muebles de las líneas de producción de AHCORP.

6. Análisis de causas y efectos principales.

6.1. Determinación de causas raíz de problemas críticos.

Después del análisis de los problemas críticos que deben mejorarse, se procedió a buscar las causas que puedan generar dichos defectos en el proceso de lacado de AHCORP. El lacado consta de tres problemas principales que se propone mejorar, pero por motivos de prevención y a petición de la dirección de AHCORP, en caso se requiera mejorar algún problema adicional más adelante, se va a realizar el análisis de las causas principales de los problemas en todos los defectos que tuvieron incidencia en la medición realizada previamente (Burbano).

Los diagramas de "Ishikawa" (causa - efecto) ayudarán a facilitar la búsqueda de las causas raíz, a través del establecimiento de las ideas proporcionadas por el personal experto en lacado de AHCORP, recolectadas en una lluvia de ideas, realizada el 19 de octubre del 2010 (Muñoz, Reina). Las ideas de las causas que producen los problemas se encuentran ordenadas acorde al tipo de efecto al que pertenecen y se las puede ver en los Gráficos 6 al 11.

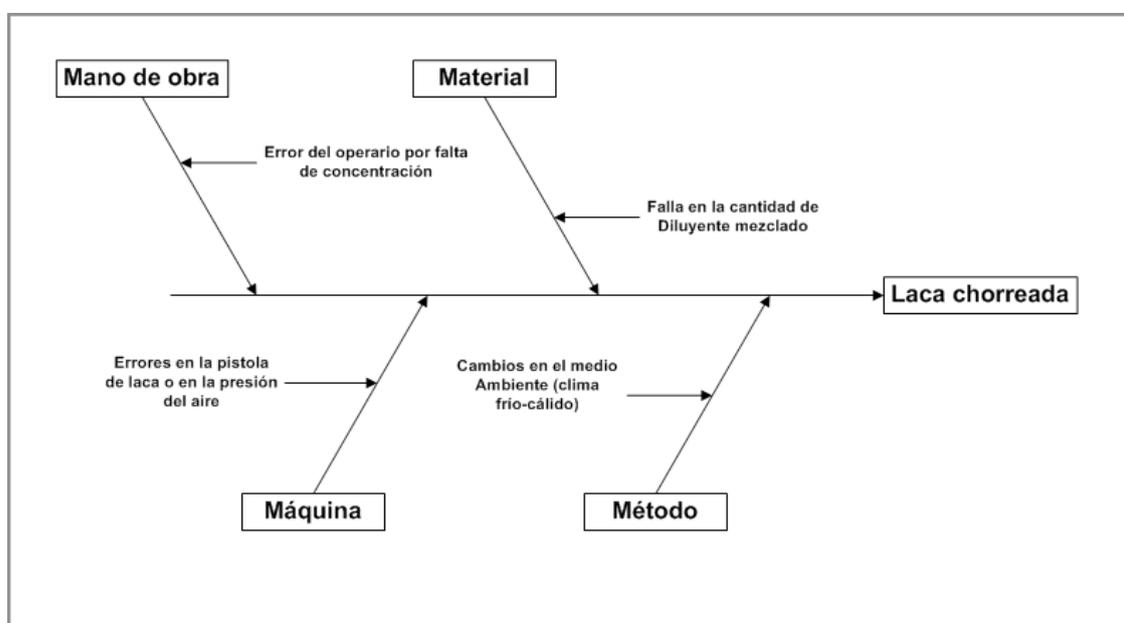
Hay que destacar que en la lluvia de ideas se obtuvieron todas las posibles causas de los problemas críticos. Además, debido a que participaron supervisores/expertos del proceso pertinente, los resultados serán el análisis directo de los expertos del proceso de lacado.

A continuación se muestran los resultados de las causas principales de cada problema crítico:

1. Laca chorreada. En la gráfica 6, se aprecian las causas que generan los reprocesos de laca chorreada. Se puede obtener como conclusión que los operarios tienen gran responsabilidad en este proceso y el fallo de su técnica generará las disconformidades (Muñoz). El medio ambiente juega también un papel fundamental debido a que para la mezcla de la laca se utilizan varios ingredientes, entre ellos el diluyente, y la cantidad de éste va a depender del clima. Cuando la temperatura del ambiente sube, se debe aumentar la cantidad de diluyente que hay que mezclar con la laca, de

igual manera cuando la temperatura baja, la cantidad de diluyente mezclado debe también bajar (Muñoz). Este proceso de mezcla de laca con diluyente no se encuentra estandarizado, y es la experiencia de los lacadores a lo que se recurre para estimar las cantidades que deben ser mezcladas (Muñoz). Los errores en las herramientas usadas para lacar pueden ser una causa importante para el chorreo de la laca, pero los lacadores aseguran que la calidad de las herramientas que posee AHCORP es óptima para evitar complicaciones (Muñoz).

Gráfica 6: Diagrama de causa-efecto para el problema de laca chorreada



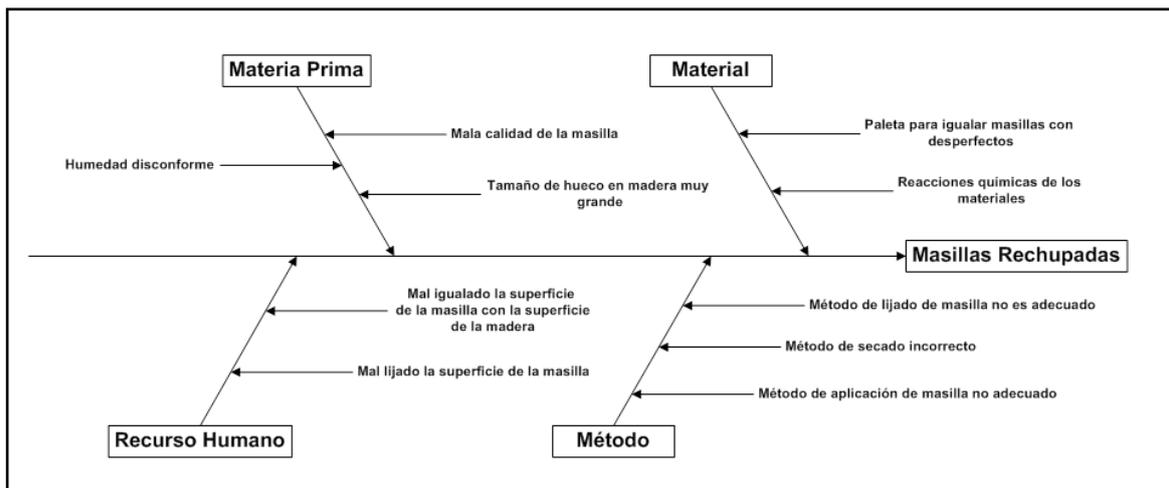
Fuente: AHCORP

Realización: Propia

2. En la gráfica 7, se aprecian las causas que generan los reprocesos de masillas rechupadas. Se puede concluir que los operarios poseen gran responsabilidad, al ser éstos los que deben colocar la masilla con la presión suficiente para que se adhiera por completo a la superficie de la madera (Reina). Sin embargo se considera que el papel del operario es simple en este proceso y solamente la falta de concentración del mismo hará que las masillas sean mal colocadas. Un papel más importante juega la humedad de la madera debido a que el exceso o escasez de la misma provocará reacciones en los tablones que harán que se pandee; y en caso

de existir masilla en dicha madera pandeada, ésta sufrirá el problema de rechupado (Muñoz). Finalmente se debe considerar que el tipo de masilla que se está usando para cubrir los huecos puede tener problemas de calidad y podría ser la causa raíz para el rechupado de la misma.

Gráfica 7: Diagrama de causa-efecto para el problema de masillas rechupadas

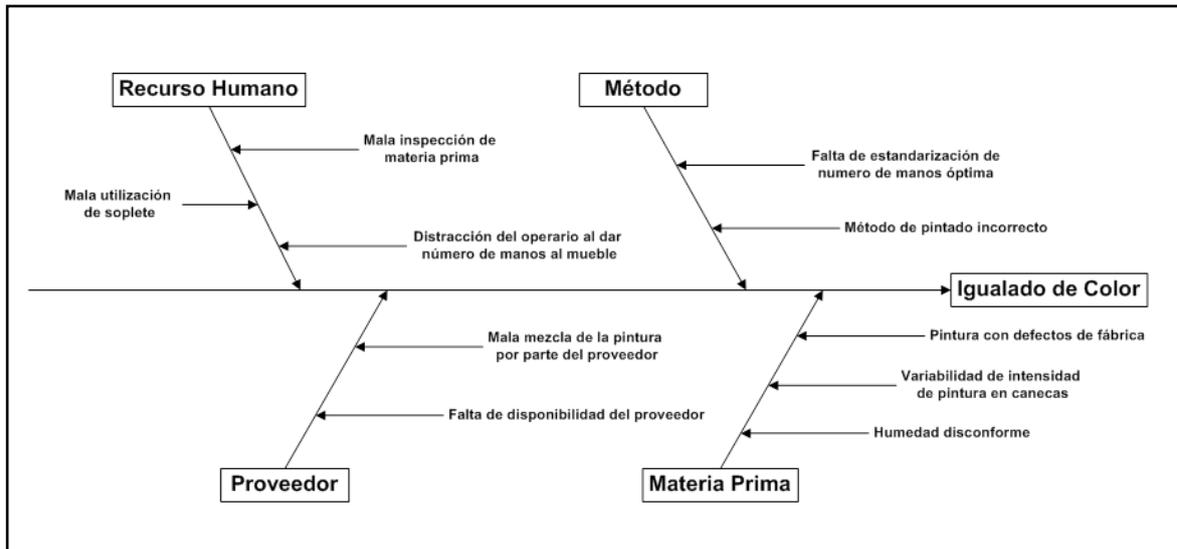


Fuente: AHCORP

Realización: Propia

3. En la gráfica 8, se aprecian las causas que generan los reprocesos de igualado de color. Se puede concluir que la mayor parte de la responsabilidad en este proceso lo tiene el trabajador. La principal causa de los reprocesos de igualado de color se producen por falta de concentración del pintor, que al momento de preparar los colores de la madera lo hace sin suficiente cuidado, generando muebles de diferentes tonos de colores (Reina). El método de pintado puede ser el que posea la falla debido a que la desorganización lleva a los operarios a cometer la mayor cantidad de errores.

Gráfica 8: Diagrama de causa-efecto para el problema de igualado de color

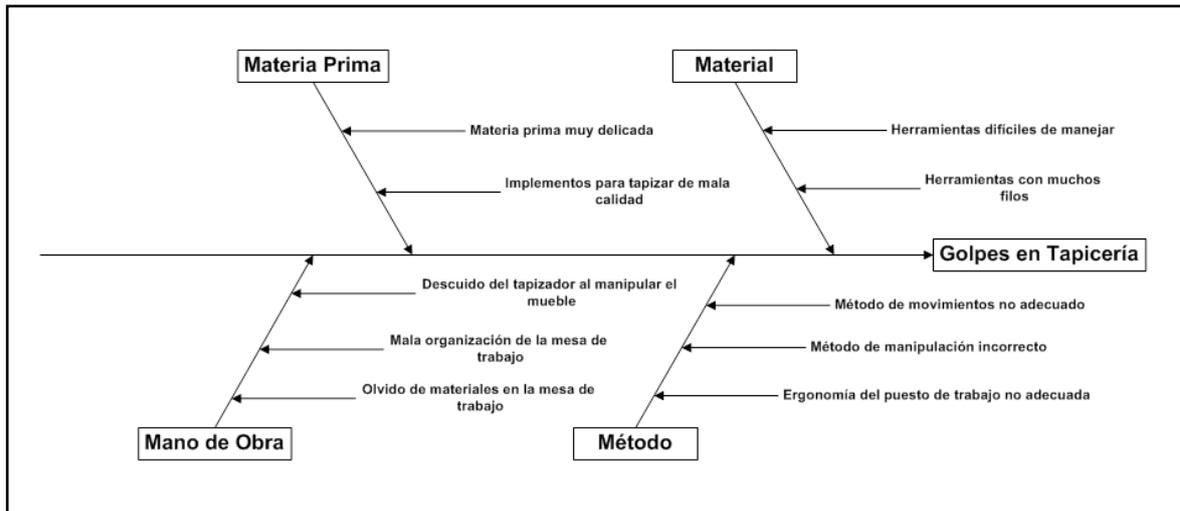


Fuente: AHCORP

Realización: Propia

4. En la gráfica 9, se aprecian las causas que generan los reprocesos de golpes en tapicería. Se puede obtener como conclusión que gran parte de la responsabilidad poseen los operarios de tapicería, proceso donde se daña la superficie lacada debido a golpes. Los golpes son generados por dos razones: el área de trabajo no se encuentra perfectamente adecuada para evitar los golpes; los operarios son desorganizados y dejan las herramientas en cualquier sitio, lo que golpea al mueble al momento de manipularlo (Muñoz). Existe una carencia de métodos claros de trabajo, falta de un estudio de movimientos y necesidad de capacitación para inculcar orden en los obreros (Muñoz).

Gráfica 9: Diagrama de causa-efecto para el problema de golpes en tapicería

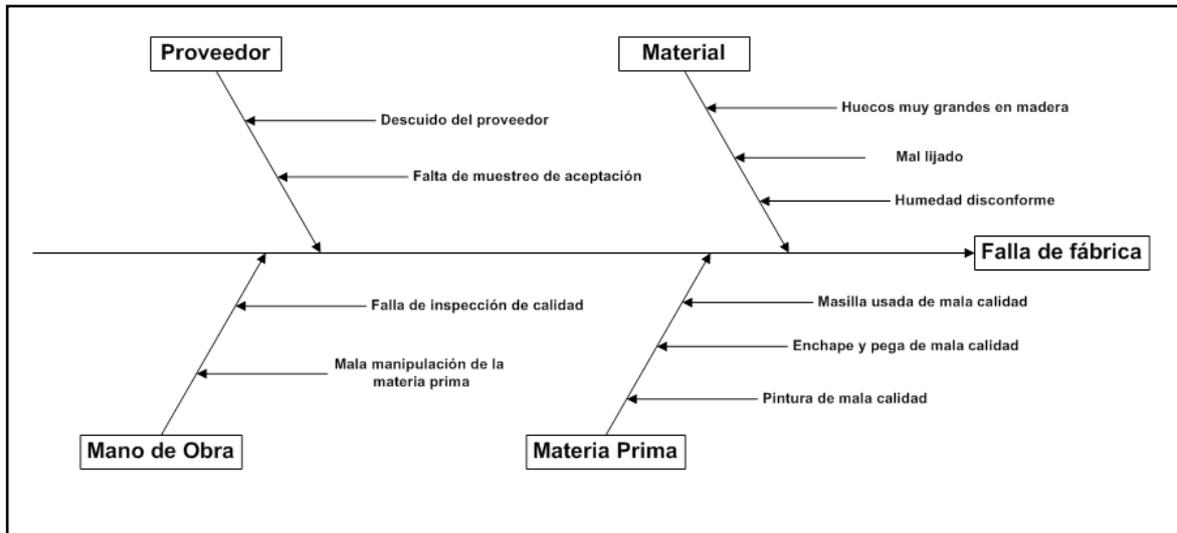


Fuente: AHCORP

Realización: Propia

5. Fallas de fábrica. En la gráfica 10, se aprecian las causas que generan los reprocesos de falla de fábrica. Se puede obtener como conclusión que la mayor responsabilidad recae sobre el área de compras (por no evaluar correctamente al proveedor de estructuras de madera), especialmente sobre las personas que son las responsables de recibir los lotes y desarrollar criterios de aceptación para los mismos (Muñoz). Las reacciones químicas de la madera se da por falla en la calidad de la madera entregada por el proveedor (Muñoz).

Gráfica 10: Diagrama de causa-efecto para el problema de falla de fábrica

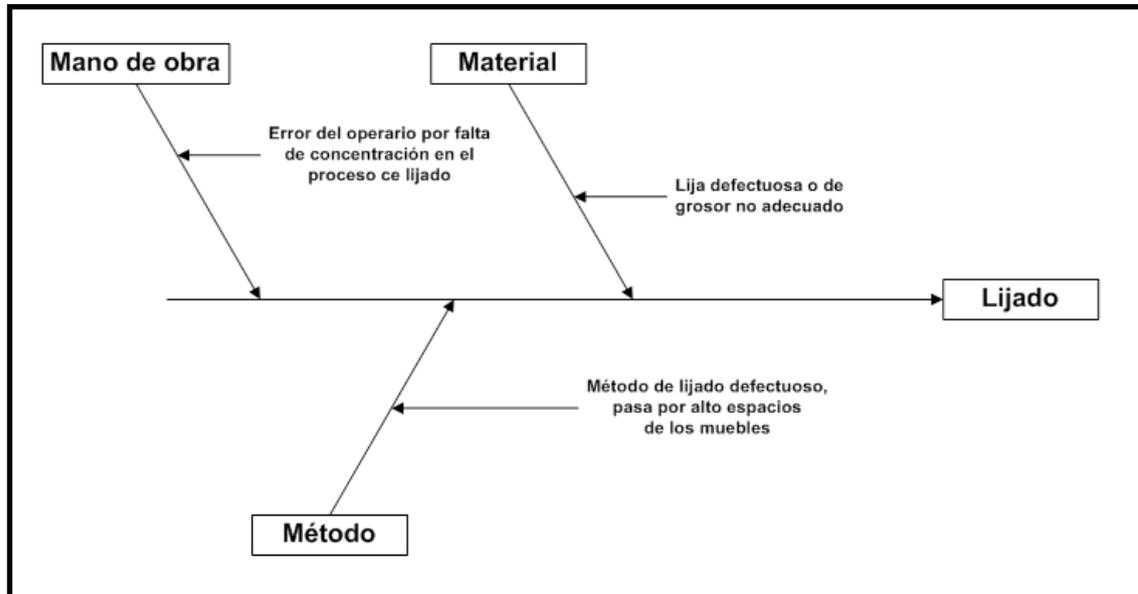


Fuente: AHCORP

Realización: Propia

6. Lijado. En la gráfica 11, se aprecian las causas que generan los reprocesos de lijado. Se puede concluir que una gran responsabilidad de las fallas recae sobre los lijadores. Cuando el operario pasa por alto errores no reconocibles a simple vista por falta de concentración, se ocasionará que ciertos sectores del mueble no se lijén, dejando sin uniformidad la superficie del mueble (Muñoz). Los expertos en el lijado aseguran que una causa para la falla del lijado podría ser errores en la herramienta (lija), pero esto no sucede debido a que AHCORP provee de materiales óptimos para el proceso (Muñoz). Se debe implantar un método de movimientos que permita organizar al lijador para que desarrolle el proceso con orden y de manera estandarizada y así evitar que se den los reprocesos por lijado (Reina).

Gráfica 11: Diagrama de causa-efecto para el problema de lijado.



Fuente: AHCORP

Realización: Propia

Los diagramas de Ishikawa mostrados previamente se basan en 6 efectos o problemas para desarrollar un despliegue de las posibles causas que generan dicho efecto, las cuales se presentan organizadas en grupos acorde a su afinidad. AHCORP ha solicitado el análisis de las seis causas principales, de las cuales para el análisis próximo nos interesan solamente cuatro de ellas (Burbano). En las gráficas 7, 8, 10, se presentan diagramas de Ishikawa que corresponden a los 3 problemas o efectos con su análisis; éstos van a ser tomados en consideración para el diseño experimental. El problema analizado en la Gráfica 9 se pretende resolver de manera separada con el empleo de un análisis del área de trabajo y estudio de la ergonomía del mismo.

6.2. Análisis de relaciones de causas.

En el punto anterior se obtuvieron mediante la técnica de "Ishikawa" (Pyzdek 261) las causas que pueden influir en la ocurrencia de los problemas críticos que se pretenden mejorar en el proyecto de grado. En este punto se pretende organizar dichas causas para analizar las interrelaciones que existen entre los problemas en cuestión; de esta manera se obtendrán factores que se puedan incluir en un diseño experimental y así determinar los efectos de dichas causas raíz (Pyzdek

452). El problema de golpes en tapicería no será analizado en este punto por razones explicadas al final de la sección 5.1.1.

En los diagramas de Ishikawa mostrados anteriormente, se encuentran, agrupadas por tipo de problema, todas las posibles causas que podrían generar cada uno de los efectos referentes a fallas en la calidad del mueble; toda esta información fue obtenida de expertos en el proceso (Muñoz, Reina). Posteriormente se realizó un análisis, con las mismas personas que participaron en la lluvia de ideas realizada para elaborar los diagramas de Ishikawa, con el propósito de saber cuáles poseen la mayor incidencia en cada efecto; los resultados fueron positivos de manera que se pudieron eliminar algunas que no tenían incidencia alguna. De igual forma se pudo llegar a la conclusión de que varias causas se comparten entre los tres efectos (masillas rechupadas, igualado de color, falla de fábrica) y muchas son comunes entre si, como ejemplo se podría decir que una causa como la humedad del mueble podría llegar a generar los tres efectos/problemas de calidad; por esta razón se consideró coherente agrupar a las causas restantes acorde a su afinidad con las secciones de elaboración del mueble (herramientas y materiales, mano de obra, materia prima, métodos) (Muñoz).

A continuación se listan las causas que son incidentes en los efectos:

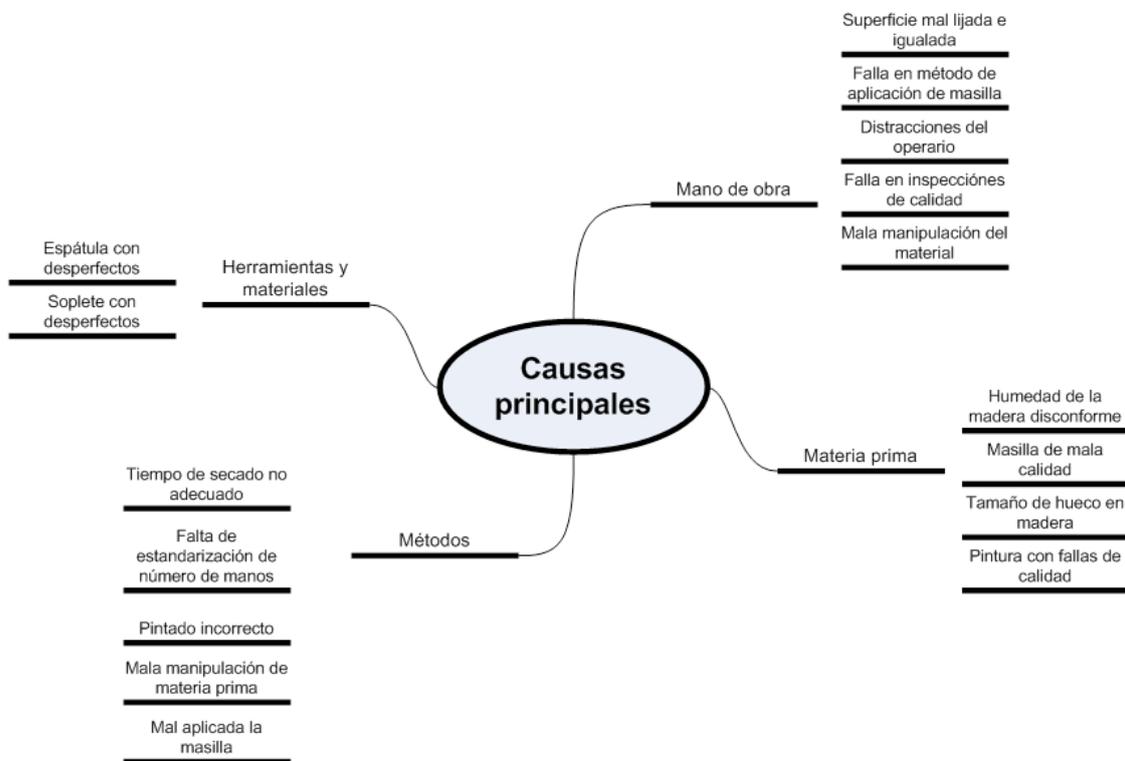
- Masillas rechupadas
 - Humedad de madera disconforme
 - Mala calidad de la masilla
 - Tamaño de hueco de la madera muy grande
 - Espátula con desperfectos
 - Mal igualada la superficie masillada.
 - Mal lijada la superficie masillada
 - Tiempo de secado no adecuado

- Falla en el método de aplicación de la masilla
- Igualado de color
 - Mala utilización del soplete
 - Mala inspección de materia prima
 - Distracción del operario al pintar
 - Falta de estandarización del número de manos de pintura
 - Método de pintado incorrecto
 - Mala mezcla de pintura
 - Falta de disponibilidad del proveedor
 - Defectos de fábrica de la pintura
 - Variabilidad de la intensidad de la pintura
 - Humedad disconforme
- Falla de fábrica
 - Descuido del proveedor
 - Falta de muestreo de aceptación
 - Huecos muy grandes en la madera
 - Madera mal lijada
 - Humedad disconforme
 - Falta de inspección de calidad
 - Mala manipulación de la materia prima
 - Masillas de mala calidad
 - Enchape de mala calidad

- Pega de mala calidad
- Pintura de mala calidad

En la gráfica 12 se encuentra el diagrama de afinidad desarrollado que agrupa las causas listadas anteriormente, acorde a su afinidad en cuatro principales grupos que responden a los recursos necesarios para la fabricación de un mueble; estos son: mano de obra, métodos, materia prima, herramientas.

Gráfica 12: Diagrama de afinidad para el problema de reprocesos en el área de lacado.



Fuente: AHCORP

Realización: Propia

El diagrama de afinidad muestra los cuatro grupos principales de causas (recogidas de una sesión previa de lluvia de ideas) inherentes a los tres problemas críticos que se encuentran en análisis (mostrados en los diagramas de Ishikawa) (Muñoz, Reina). Para encontrar las causas se hace una calificación ponderada de cada causa principal con respecto a:

1. Importancia de la causa para los problemas críticos
2. Nivel de incidencia en el reproceso en caso de ocurrir.
3. Nivel de ocurrencia semanal.

Estos tres criterios listados en la parte superior serán presentados a los 3 supervisores de calidad del mueble para que valoricen cada causa principal y de esa forma determinar las causas incidentes en los reprocesos actuales del área de lacado. Se solicitó a las tres personas que agreguen un ranking a cada causa acorde a su influencia con los tres reprocesos que se analizan en el proyecto (masillas rechupadas, igualado de color, golpes en tapicería) (Muñoz, Reina, Burbano). Con efecto de tener una valorización más detallada se agregó ponderaciones a cada grupo de afinidad. Todo se realizó en la sesión grupal llevada a cabo en la primera semana de octubre. Los resultados se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9: Matriz de análisis de datos de reprocesos en el área de lacado.

Grupo de afinidad	Causas principales	No influyente	Poco influyente	Influente	Muy influyente	Crítico	Ponderado
Herramientas y materiales (0.1)	Espátula con desperfectos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.1
	Soplete con desperfectos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.1
Mano de obra (0.3)	Superficie mal lijada e igualada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.2
	Falla en método de aplicación de masilla	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.6
	Distracciones del operario	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.2
	Mala manipulación del material	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.6
	Falla en inspecciones de calidad	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.3
Métodos (0.3)	Tiempo de secado no adecuado	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.6
	Falla del operario en aplicación de cantidad de pintura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.5
	Pintado incorrecto	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.3
	Mala manipulación de materia prima	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.3
	Mal aplicada la masilla	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.2
Materia prima (0.3)	Humedad de la madera disconforme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.5
	Masilla de mala calidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.5
	Tamaño de hueco en madera muy grande	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.2
	Pintura con fallas de calidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.2

Fuente: AHCORP

Realización: Propia

De la Tabla 9 podemos ver los resultados cualitativos de las causas raíz de los tres problemas del área de lacado (masilla rechupada, falla de fábrica, igualado

de color); las causas críticas se encuentran coloreados con rojo y con borde resaltado en la columna de promedio ponderado; de amarillo y borde interlineado se encuentran causas que no son raíz para el problema, pero que habrá que tomar en cuenta para el análisis cuantitativo futuro; se puede fácilmente analizar a qué problema corresponde cada causa raíz:

- Masilla rechupada: humedad disconforme, masilla de mala calidad.
- Falla de fábrica: humedad disconforme.
- Igualado de color: falta de estandarización de número de manos de pintura.

Estas tres causas, raíz de los problemas críticos, son las que afectan directamente a la calidad del mueble generando reprocesos costosos, su análisis y optimización contribuirá a una mejora importante para el área de lacado, disminuyendo los problemas que poseen más incidencia en el número de reprocesos.

6.3. Análisis cuantitativo de capacidad para las causas raíz.

Existen dos factores principales que pertenecen a las características del proceso de lacado e influyen directamente en los reprocesos críticos, estos son la humedad de la madera y la intensidad del color del mueble. La humedad de la madera no adecuada genera inmediatamente reacciones no deseadas que afectan la calidad del mueble, en su mayoría son efectos de rechupado en las masillas y de levantamiento del enchape (reacciones de la madera/falla de fábrica) (Muñoz). La intensidad del color no adecuada generará los reprocesos de igualado de color y se ocasiona por falta/exceso de manos de pintura. Para poder evaluar estos dos factores, se procedió a la medición de cada uno de ellos para poder determinar la capacidad de los subprocesos del lacado a los que estos factores pertenecen.

6.3.1. Humedad del mueble

La humedad del mueble influye no solamente en los reprocesos que se están analizando, sino también en todo el proceso productivo del mueble, porque es esta característica la que debe estar bajo control para que la calidad de la

superficie del producto se encuentre en perfectas condiciones. La humedad de la madera se mide en porcentaje de concentración, así una madera más húmeda tendrá un porcentaje elevado de humedad y viceversa. El instrumento utilizado para la medición es un sensor de humedad que se clava en la superficie de la madera y de manera automática detecta el porcentaje de humedad que posee (medidor digital); acorde a las especificaciones de la empresa, el porcentaje de humedad de la madera debe estar en el rango de 7% a 14% para que ésta sea aceptable para el proceso productivo (Burbano). Los datos obtenidos fueron 300, que son datos históricos de la empresa, estos datos se encuentran en el Anexo 10. No se pudo medir la humedad debido a disposiciones de la dirección de la empresa, la cual optó por ceder datos tomados en el mes de mayo del 2010 por el supervisor de calidad Leonardo Reina.

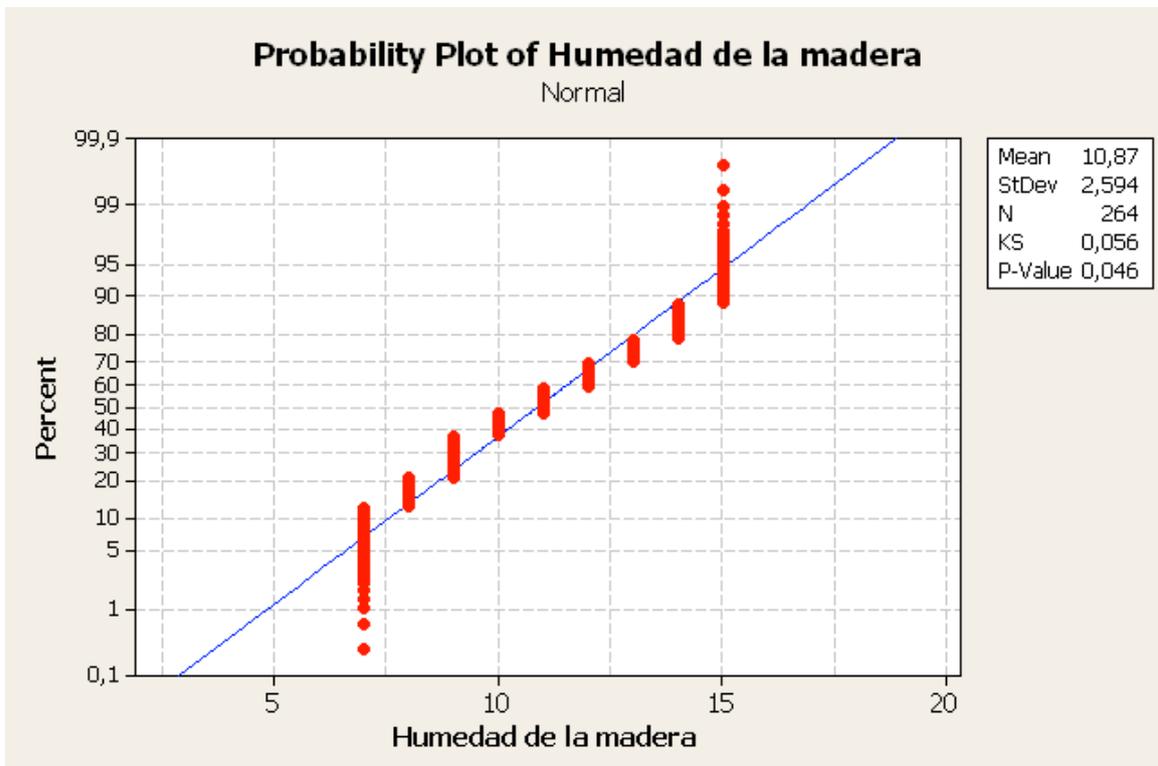
Para poder aplicar la prueba de capacidad a los datos de humedad se debe cumplir con el supuesto de normalidad, lo cual se va a evaluar a continuación.

H_0 = Los datos se ajustan a una distribución normal.

H_1 = Los datos no se ajustan a una distribución normal.

La prueba de normalidad que se aplicó a los datos fue la de Kolmogorov-Smirnov (Banks. et.al, 262), con un nivel de significancia de 0.05. Los resultados de la prueba seguida sobre los datos de humedad del mueble se los puede observar en la Gráfica 13.

Gráfica 13: Resumen de datos y prueba de normalidad para la humedad de la madera



Fuente: Datos tomados en AHCORP

Realización: Propia

El valor p resultante de la prueba de normalidad de los datos originales es menor al nivel de significancia por lo que la hipótesis nula se debe rechazar debido a que no existiría suficiente evidencia estadística de que los datos siguen una distribución normal. Para validar los resultados y de esa forma evitar el error tipo II (rechazar la hipótesis de que los datos siguen una distribución normal cuando ésta hipótesis es verdadera) (Montgomery 34), se realizó una prueba de bondad de ajuste para verificar si los datos realmente se ajustan a una distribución normal; para ello corrió la prueba genérica que realiza el software Input Analyzer® en los datos, de la cual se obtuvieron los resultados expresados en la tabla 10.

Tabla 10: Prueba de bondad de ajuste para los datos de humedad de la madera

Function	Sq Error
Uniform	0.00456
Beta	0.00565
Poisson	0.00909
Weibull	0.016
Normal	0.0182
Gamma	0.0187
Erlang	0.0188
Exponential	0.0284
Lognormal	0.0296
Triangular	0.0321

Fuente: Datos tomados en AHCORP

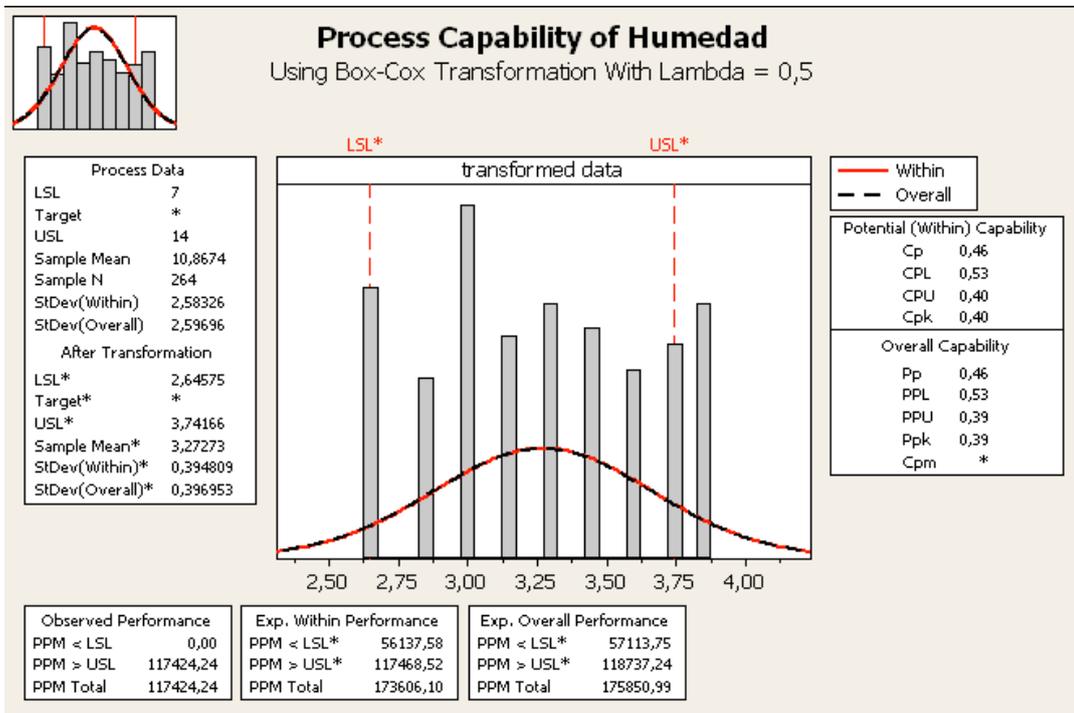
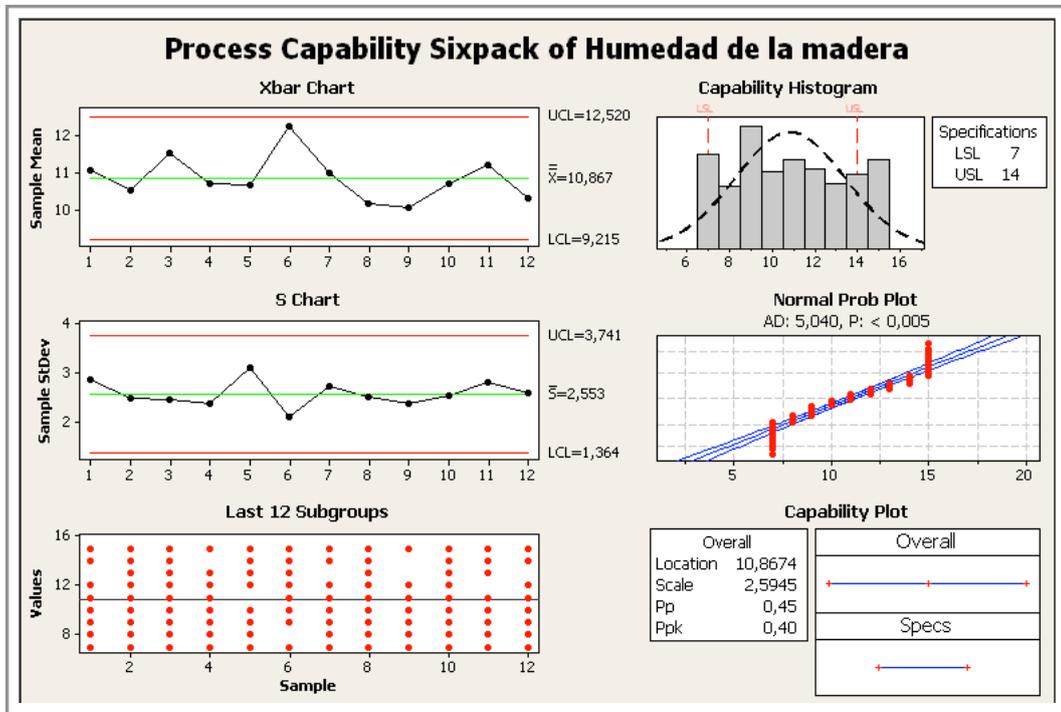
Realización: Propia

La tabla 10 muestra un ranking de las distribuciones de probabilidad a las que los datos se podrían ajustar, de acuerdo al valor del error cuadrado que se tendría al usar determinada distribución deseada. La distribución que presenta el menor error cuadrado (0.00456), y por lo tanto la distribución a la que mejor se ajustan los datos es la uniforme. La distribución normal (a la que se desea ajustar los datos) se encuentra en el puesto 5 del ranking con un error cuadrado de 0.182. Por la prueba de bondad de ajuste se puede decir que los datos de la humedad de la madera no siguen una distribución normal.

Debido a que no se está trabajando con datos normales, se debe correr una prueba de capacidad para datos no normales. Se va a utilizar el teorema del límite central que dice que el promedio de los datos que siguen una distribución similar, se ajustan a una distribución normal (Montgomery 30). Para ello se crearán en Minitab® subgrupos de 22 datos (se eligieron intervalos de 22 debido a que en la toma de datos diariamente se midieron 22 maderas de forma aleatoria), de los cuales se van a sacar promedios para el cálculo de capacidad. El resumen de la capacidad del proceso se encuentra en la gráfica 14. Para poder de igual manera determinar los índices de capacidad C_p y C_{pk} con el software Minitab®, se procedió a realizar un análisis de capacidad para datos normales, con subgrupos

de 22 datos y transformación de datos “Box Cox”; se lo puede ver también en la gráfica 14.

Gráfica 14: Análisis de la capacidad de la “humedad de la madera”



Mediante el software Minitab se obtuvieron las gráficas de control y el índice de capacidad del proceso. Estos datos se pueden observar en la gráfica 14. Se obtuvieron los siguientes valores:

- Con un Pp igual a 0.45 se indica que la humedad de la madera no es capaz de cumplir con los límites de especificación de desempeño, pues este valor es menor a 1 (Pyzdek 473).
- A pesar de que los datos tomados, se encuentran dentro de los límites de control, esto no significa que la humedad de la madera se desempeñe bajo los límites de especificación (Pyzdek 474).
- Con un Ppk igual 0.4, menor al Pp obtenido indica que el proceso tiene su media entre la media objetivo y el límite de especificación superior, es decir el proceso está descentrado. Lo que se buscaría es tener un Pp igual al Ppk para lograr un proceso centrado en el punto medio de las especificaciones (Pyzdek 474).
- Esto indica además que la humedad de la madera es un factor que por la variabilidad natural del sistema sí está en condiciones de trabajar mejor. Si el Pp, al igual que el Cp, ya de por sí son índices no favorables para el proceso, y si el Ppk y Cpk son incluso menores, hay muestras de que por razones asignables al proceso, éste podría mejorar sustancialmente (Pyzdek 474).
- Al ser Cp una medida de la capacidad potencial del proceso, y al ser este 0.46, menor que 1, significa que el proceso como tal nunca será capaz de cumplir con las especificaciones del mismo (Pyzdek 474). De igual manera al tener un Pp igual a 0.45, que es una medida del desempeño actual del proceso, se sabe que la intensidad de color de la madera de por sí no cumple con las especificaciones adecuadas (el Pp es menor a 1) y que sin embargo, aunque llegue a tener una capacidad igual al Cp seguirá funcionando bajo las especificaciones del proceso (Pyzdek 474).

6.3.2. Igualado de color

Para el análisis del color del mueble, se empleó una paleta de colores (Ver foto en Anexo 11) que posee valores del 1 al 9 con colores más débiles a más fuertes respectivamente; se realizó este estudio con el color “coco” únicamente, que es el color de la colección de muebles actual (2010). La gama de colores se definió haciendo variar el número de manos de pintura que se daba a las maderas, representando de esa manera a los números bajos con tablas que tenían pocas manos de pintura; y así se fue aumentando el número de manos de pintura hasta llegar a los números altos, representados con tablas que tenían la mayor cantidad posible de manos de pintura (Muñoz). Acorde al criterio de los expertos en color de AHCORP, las tablitas numeradas como 6 y 7 poseen el color exacto al deseado; los números 5 y 8 pueden ser aceptables, pero no poseerán el color óptimo y el resto de números representarán una actividad de reproceso del mueble (Muñoz).

El número de muestra se estimó utilizando las ecuaciones 2 y 3; se puede ver los cálculos en el anexo 21. Para el cálculo del tamaño de muestra se consideró una población promedio de 615 muebles al mes, un valor de error del 1%, y se lo hizo a partir de una prueba piloto de 35 muebles. Se realizó en total la medición a 500 muebles (tamaño de muestra calculado) con el uso de la tabla de gama de colores elaborada (ver anexo 12).

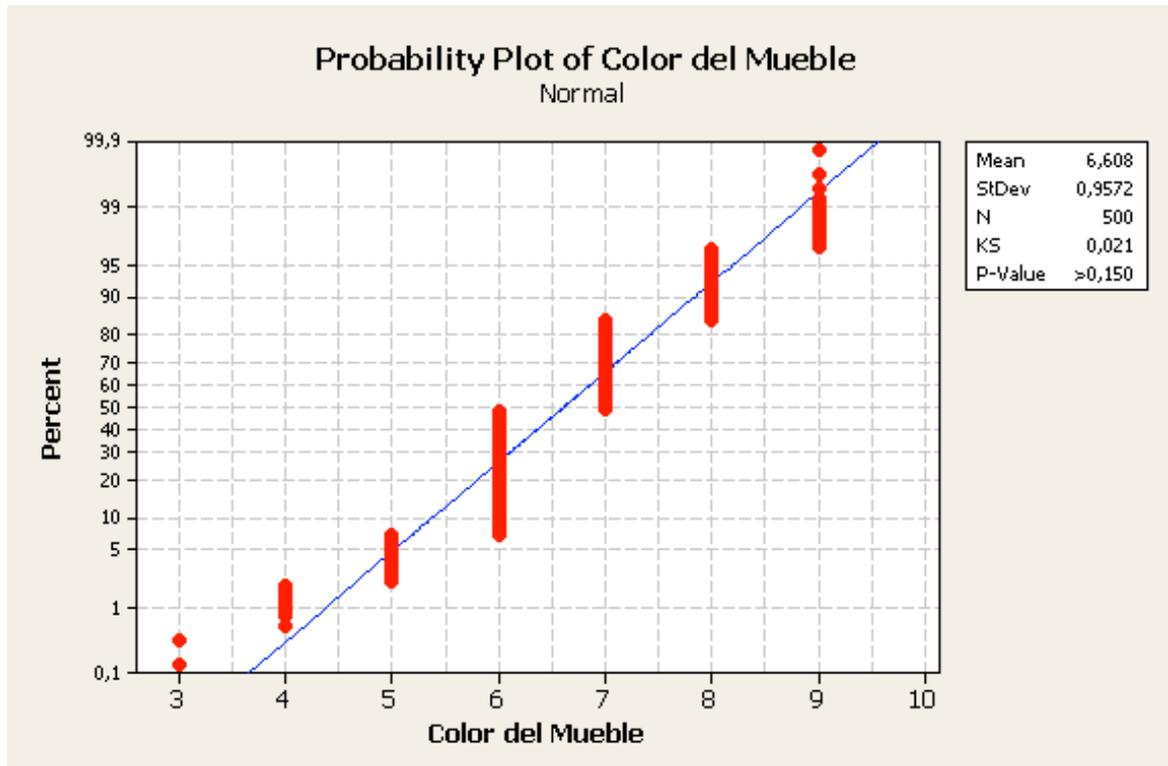
Para poder aplicar la prueba de capacidad a los datos de humedad se debe cumplir con el “supuesto de normalidad” de los datos para lo cual se van a evaluar a continuación.

H_0 = Los datos se ajustan a una distribución normal.

H_1 = Los datos no se ajustan a una distribución normal.

La prueba de normalidad que se aplicó a los datos fue la de Kolmogorov-Smirnov, con un nivel de significancia de 0.05. Los resultados de la prueba seguida sobre los datos de intensidad de color del mueble se los puede observar en la Gráfica 15.

Gráfica 15: Prueba de normalidad para la intensidad de color de la madera



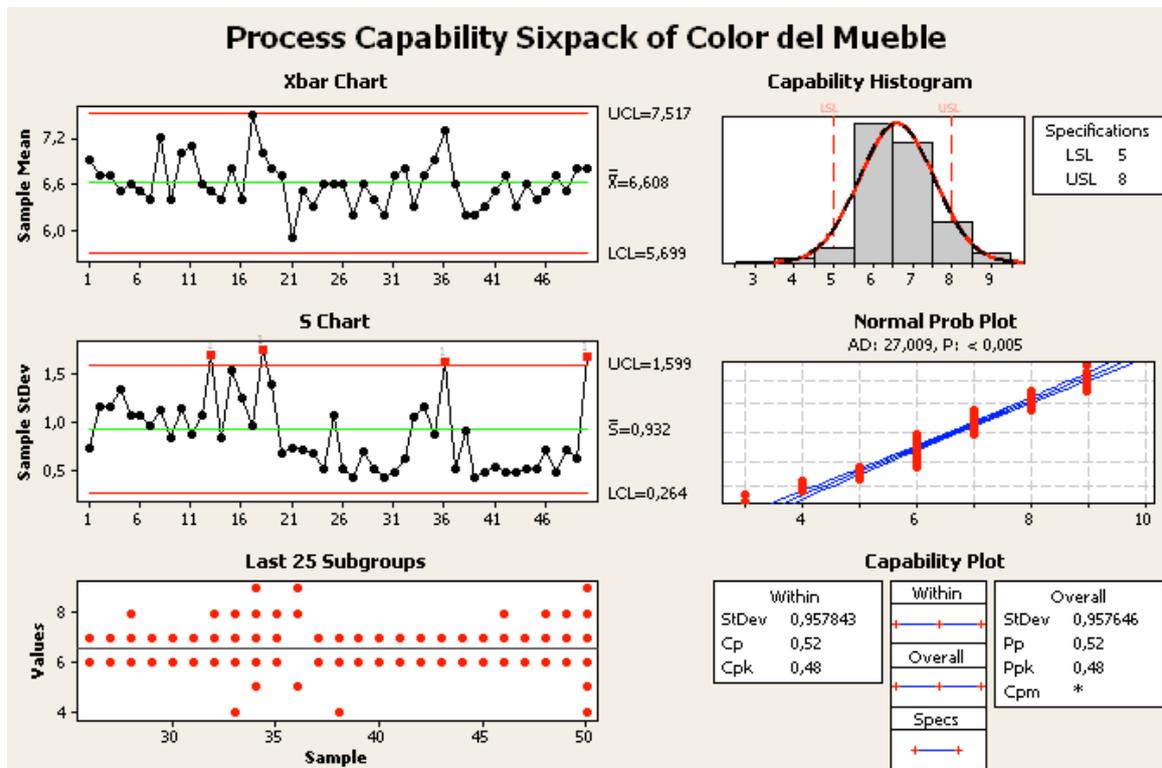
Fuente: Datos tomados en AHCORP

Realización: Propia

El valor p resultante de la prueba de normalidad de los datos originales es mayor al nivel de significancia con lo que la hipótesis nula se acepta y por tanto existe suficiente evidencia estadística para decir que los datos siguen una distribución normal.

Para poder determinar la capacidad se va a utilizar la herramienta del software Minitab®. Los resultados de la capacidad del proceso se pueden observar en la gráfica 16.

Gráfica 16: Sixpack de la capacidad de la “intensidad de color de la madera”



Fuente: AHCORP

Realización: Propia

Mediante el software Minitab se obtuvieron las gráficas de control y el índice de capacidad del proceso. Estos datos se pueden observar en la gráfica 16. Se obtuvieron los siguientes valores:

- Con un Cp igual a 0.52 se indica que el la intensidad de color de la madera no es capaz de cumplir con los límites de especificación de desempeño, pues este valor es menor a 1 (Pyzdek 473).
- Los datos tomados no se encuentran dentro de los límites de control, por lo tanto intensidad de color de la madera se encuentra fuera de los los límites de especificación (Pyzdek 474).
- Con un Cpk igual 0.48, menor al Cp obtenido indica que el proceso tiene su media entre la media objetivo y el límite de especificación superior, es decir el proceso está descentrado. Lo que se buscaría es tener un Cp igual al Cpk para

lograr un proceso centrado en el punto medio de las especificaciones (Pyzdek 474).

- Al ser C_p una medida de la capacidad potencial del proceso, y al ser menor que 1, significa que el proceso como tal nunca será capaz de cumplir con las especificaciones del mismo (Pyzdek 474). De igual manera al tener un P_p igual a 0.52, que es una medida del desempeño actual del proceso, se sabe que la intensidad de color de la madera de por sí no cumple con las especificaciones adecuadas (el P_p es menor a 1) y que sin embargo, aunque llegue a tener una capacidad igual al C_p seguirá funcionando bajo las especificaciones del proceso (Pyzdek 474).
- Esto indica además que la intensidad de color de la madera es un factor que por la variabilidad natural del sistema sí está en condiciones de trabajar mejor. Si el C_p ya de por sí es un índice no favorable para el proceso, y si el C_{pk} es incluso menor, hay muestras de que por razones asignables al proceso, éste podría mejorar sustancialmente (Pyzdek 474).

6.4. Análisis experimental de los efectos influyentes en los problemas críticos.

6.4.1. Identificación y enunciación del problema.

El problema que se desea resolver mediante el diseño experimental es el de la influencia de factores propios del proceso de lacado, en los defectos que generan reprocesos en los muebles (Burbano). Se han identificado en el punto anterior mediante un análisis cualitativo las causas raíz que generan dichos problemas, ahora mediante experimentación se pretende encontrar la influencia de cada factor o estímulo, que representa a cada causa raíz encontrada, en la calidad del mueble.

La experimentación se realizará en la fábrica AHCORP, la cual será el auspiciante del experimento al haber accedido en reuniones previas a correr con todos los gastos del experimento. Se proveerá a los experimentadores de los materiales

necesarios, la mano de obra requerida y el apoyo durante la experimentación. Se ha acordado que el experimento se lo realice entre las fechas 18 y 25 de noviembre por efectos de disponibilidad de planta.

Los objetivos del experimento son:

- Analizar la influencia de los factores en la calidad del mueble; cada factor en análisis deberá ser un estímulo que tenga influencia en las causas raíz de los problemas de calidad en análisis.
- Los niveles de los factores deberán representar a los que se están usando actualmente en la fábrica y podrán contener niveles propuestos por el equipo de experimentadores con efecto de determinar posibles propuestas de valor entregadas en la fase mejorar.
- Encontrar los factores significativos para la variable de respuesta y la combinación de tratamientos adecuada que permitirá tener una maximización de beneficios en la variable de respuesta.

El equipo de experimentadores estará compuesto por:

- Alejandro Iñiguez (Supervisor del proceso de experimentación)
- Miguel Muñoz (Supervisor del proceso de lacado de AHCORP)

6.4.2. Elección de factores, niveles y rangos.

Los factores del experimento representarán las causas raíz encontradas en las lluvias de ideas, realizadas con el personal de AHCORP previamente; del análisis de los resultados cualitativos obtenidos en dicha herramienta se encontraron varias causas para los problemas en análisis, de las cuales se dedujeron, acorde a la experiencia y conocimiento de los participantes de la lluvia de ideas, las principales influyentes en los problemas que generan los reprocesos en los muebles (Muñoz, Reina).

Los defectos en análisis son los siguientes:

- Masillas rechupadas
- Igualado de color
- Falla de fábrica

Las causas raíz de dichos defectos son:

- Humedad no adecuada de la madera
- Calidad de la masilla utilizada
- Cantidad de manos de pintura no adecuada

Estas causas enlistadas serán elegidas como los factores del experimento y serán descritas a continuación

1. Factor No 1: Humedad

- Unidades: La humedad es numérica y, como se explicó anteriormente, se mide en porcentaje en la cual esta se encuentra presente en la madera. Para la humedad se definieron dos niveles.
 - Nivel Alto: será un valor alto de humedad para la madera definido entre un rango, debido a la dificultad de encontrar una madera de determinada humedad, la cual puede ser cualquiera de los valores 13% o 14% de humedad.
 - Nivel Bajo: será un valor bajo de humedad para la madera definido entre un rango, debido a la dificultad de encontrar una madera de determinada humedad, la cual puede ser cualquiera de los valores 7% u 8% de humedad.
- Relación del factor con defectos del mueble: la humedad es un factor bastante importante para la calidad del mueble; el trabajo sobre una madera que tenga una humedad no adecuada generará una serie de defectos que varían acorde a la cantidad de humedad que tiene la

madera. Una humedad demasiado alta hará que la madera se pandee y posea una serie de reprocesos como cuarteado, rechupado, pandeo, levantamiento de la chapa; una humedad demasiado baja podría generar cuarteado, rechupado, falla de color, sequedad (Muñoz).

Para el experimento se analizarán dos niveles que están dentro de los límites de humedad adecuados; estos son alto y bajo. Se pretende analizar la influencia de cada nivel de humedad en la calidad del mueble y su influencia en los defectos de rechupado y reacción química de la madera.

2. Factor No 2: Tipo de masilla

- Unidades: El tipo de masilla es categórico y estará determinado por dos niveles que pertenecen a dos calidades de masilla diferentes. Por temas de confidencialidad, solicitados por la dirección de AHCORP, no se utilizará el nombre de la marca de las masillas, sino se otorgará nombres referenciales a cada tipo de masilla los cuales serán:
 - Nivel Alto: Masilla A.
 - Nivel Bajo: Masilla B.
- Relación del factor con defectos del mueble: La masilla influye directamente sobre el rechupado del acabado. Se sospecha que la calidad de la masilla puede generar algún tipo de reacción química, que se relaciona con la humedad, y genera este defecto en el mueble.

3. Factor No 3: Color

- Unidades: El color será numérico y se medirá acorde al número de manos que se le a la madera. Este factor ha sido dividido en dos niveles:
 - Nivel Alto: corresponderá a una cantidad de cuatro manos de pintura.
 - Nivel Bajo: corresponderá a una cantidad de dos manos de pintura.

- Relación del factor con defectos del mueble: La intensidad de color es la principal causa para el defecto de igualado de color en los muebles. Como la empresa proveedora de pintura para AHCORP les entrega el producto mezclado y listo para usarse, este defecto depende únicamente del número de manos de pintura que se le da al mueble. Actualmente se le aplica al mueble un número de manos no estandarizado y depende del pintor y su experiencia el éxito o fracaso de este proceso.

4. Factores no controlables o de ruido

Los factores no controlables se encuentran definidos a continuación, estos serán bloqueados debido a que no podrán ser controlados y podrían producir variabilidad experimental de los resultados

- El soplete será el primer factor bloqueado, debido a que este podría producir variabilidad en el número de manos de pintura y el color del mueble. Los sopletes no son cambiados con frecuencia y se cuida que lancen una cantidad estandarizada de pintura.
- La pintura será bloqueada y se utilizará la de una misma caneca, debido a que los trabajadores aseguran que existen ocasiones en las que ciertas canecas llegan con fallas de calidad y deben ser devueltas, para evitar esto se las apartará del experimento.
- La laca aplicada a las muestras deberá ser de la misma caneca, de la marca (Valresa). La laca fue incluida en un experimento reciente en AHCORP del cual resultó la marca Valresa como la más adecuada, por lo que no se incluirá este factor en el experimento.
- El trabajador y el clima serán los últimos factores bloqueados, para el experimento se trabajará con el mismo obrero para cada subproceso y se lo hará en el mismo clima para evitar que esto produzca variabilidad en los resultados.

- El tamaño del hueco en la madera será otro factor bloqueado para lo que se realizarán huecos de diferentes medidas en cada una de las corridas para así simular posibles fallas o huecos que se podrían encontrar en la madera.

6.4.3. Selección de la variable de respuesta.

La variable de respuesta para el experimento será binaria y responderá a si la corrida es aceptada o rechazada (reproceso), con valores de 1 y 0 respectivamente. Las réplicas serán analizadas por 3 expertos de la calidad del mueble de AHCORP: José Almeida (Sup. Calidad), Leonardo Reina (Sup. Empaque), Miguel Muñoz (Sup. Lacado); acorde a su conocimiento y experiencia en los atributos mencionados, se valorizará cada combinación de factores acorde a su calidad final y se determinará de esta forma si la madera necesita o no un reproceso. Debido a que son tres expertos los que analizarán las corridas, se tendrán tres variables de respuesta (una para cada persona) que serán analizadas por separado; al final se realizará un análisis comparativo de las tres variables.

6.4.4. Elección del diseño experimental.

De acuerdo al número de factores y niveles escogidos, el diseño experimental será de 2^3 con cuatro réplicas, sin puntos centrales debido a que los factores cuantitativos no permiten tener un valor intermedio, y se considera que al tener 4 réplicas del experimento, los grados de libertad del error aleatorio serán mayores a 8 que es lo conveniente para un modelo de este tipo (Gutiérrez 214).

El diseño fue establecido como se muestra a continuación:

Tabla 11: Tabla de los factores y niveles del Diseño de experimentos

Factor	Unidades	Nivel Alto	Nivel Bajo
Humedad	Porcentaje	11% - 14%	7% - 10%
Masilla	Tipo de masilla	A	B
Color	No de manos	2	4

Fuente: DOE

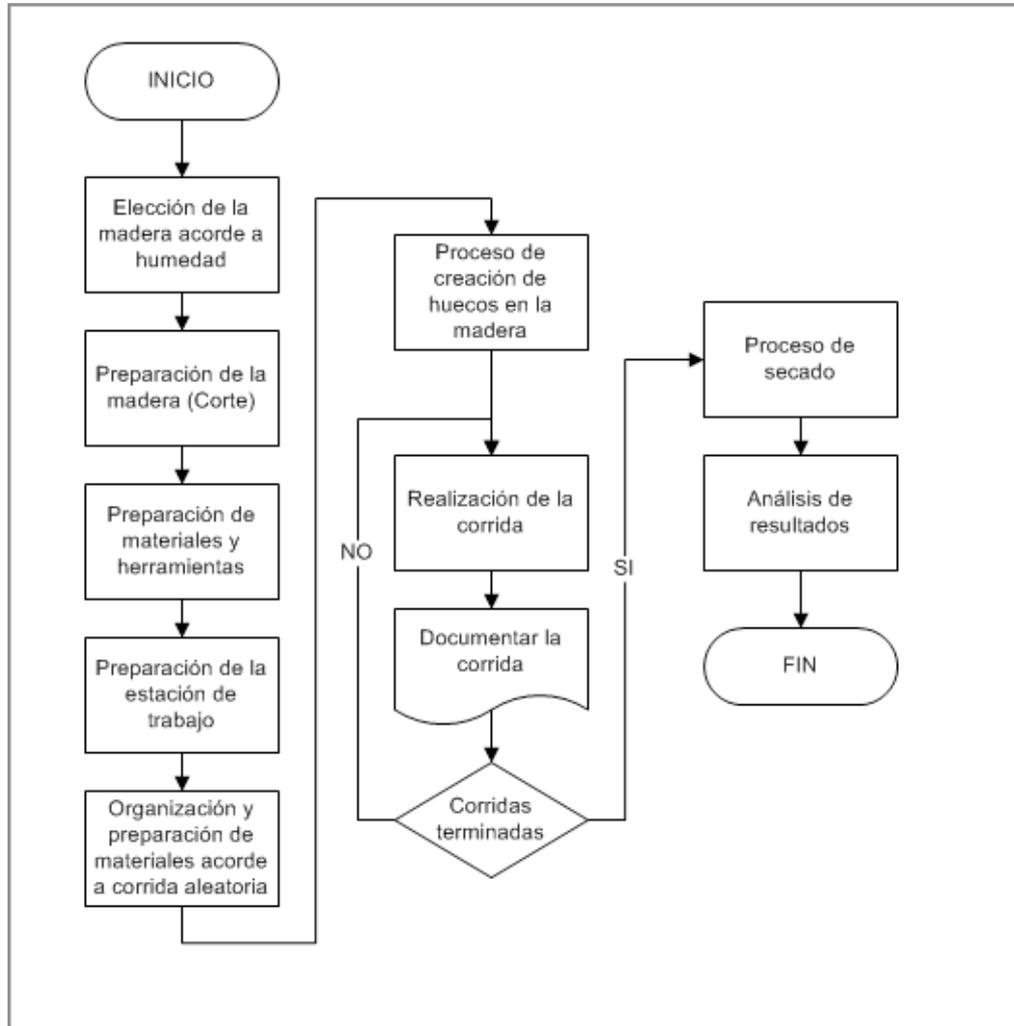
Realización: Propia

6.4.5. Realización del experimento.

Se elaboró previamente un diagrama de flujo (ver Gráfica 17), que permitirá organizar los pasos que se seguirán para la realización de las corridas. El experimento se lo realizó siguiendo cuidadosamente los pasos establecidos.

Como se puede observar se siguieron pasos ordenados para el desarrollo del experimento que aseguran el cumplimiento del supuesto de aleatoriedad de las corridas. El experimento se lo diseño empleando el software de DOE Design Expert®, en el que al iniciar el diseño permite ingresar los datos para obtener una hoja de corridas aleatorizadas que servirá de guía para el desarrollo del experimento. La hoja se muestra en la Tabla 12.

Gráfica 17: Diagrama de flujo del procedimiento de realización de las corridas del experimento



Fuente: DOE

Realización: Propia

Tabla 12: Modelo del diseño experimental.

Std	Run	Factor 1	Factor 2	Factor 3
		A: Humedad	B: Masilla	C: No Manos
29	1	14.00	A	3.00
5	2	14.00	B	2.00
11	3	7.00	A	2.00
28	4	7.00	A	3.00
15	5	14.00	A	2.00
13	6	14.00	A	2.00
24	7	14.00	B	3.00
8	8	14.00	B	2.00
26	9	7.00	A	3.00
32	10	14.00	A	3.00
31	11	14.00	A	3.00
30	12	14.00	A	3.00
6	13	14.00	B	2.00
3	14	7.00	B	2.00
10	15	7.00	A	2.00
18	16	7.00	B	3.00
22	17	14.00	B	3.00
16	18	14.00	A	2.00
1	19	7.00	B	2.00
7	20	14.00	B	2.00
25	21	7.00	A	3.00
21	22	14.00	B	3.00
14	23	14.00	A	2.00
4	24	7.00	B	2.00
2	25	7.00	B	2.00
27	26	7.00	A	3.00
19	27	7.00	B	3.00
9	28	7.00	A	2.00
23	29	14.00	B	3.00
17	30	7.00	B	3.00
20	31	7.00	B	3.00
12	32	7.00	A	2.00

Fuente: DOE

Realización: Propia

6.4.5.1. Preparación de los materiales.

Para la preparación de los materiales necesarios para el experimento se procedió en primer lugar a la búsqueda de maderas enchapadas con una humedad determinada que se encuentre en el rango de los niveles establecidos para el factor; para este paso se utilizó la ayuda de Miguel Muñoz para la operación del medidor de humedad. Se emplearon 2 maderas para el experimento las cuales fueron de humedades: 8 (baja) y 12 (alta). A estas maderas se las cortó en tablas pequeñas de 20x20 cm y se las organizó en grupos.

Posteriormente se procedió a preparar las dos masillas que iban a ser utilizadas, las espátulas para la aplicación de la masilla, lijas, sopletes con pintura coco,

mesa de trabajo, cincel para la realización de los huecos en la madera, guaiques, mascarillas, y las hojas para la documentación de las corridas.

Para la identificación de la madera se realizó una codificación que fue escrita en la parte posterior de la tabla para determinar a que número corrida y combinación de niveles pertenecía.

6.4.5.2. Realización de las corridas

Antes de detallar el procedimiento seguido para la corrida se debe mencionar que se realizaron tres huecos de tres tamaños diferentes en las tablas, éstos van desde pequeño a grande, los huecos se realizaron de esta manera para el efecto de bloqueo del factor “tamaño de hueco”. Todas las tablas tienen los tres huecos con similitud entre el tipo tamaño (pequeño, mediano, grande)

Posteriormente se organizó a las tablas acorde al orden en el que debían ser procesadas respecto de la aleatorización fijada cuidando que se encuentren en orden acorde a la humedad respectiva. La tabla de aleatorización no fue visualizada por ninguna otra persona participante del experimento.

Para la realización de las corridas se siguió el proceso normal de reproceso de masillado y lacado de un mueble, el cual es listado a continuación:

- Lijado completo de la tabla
- Masillado de los tres huecos de la tabla empleando la espátula
- Lijado de la superficie masillada de la tabla con lija suave.
- Tinturado de la tabla con guaipe
- Igualado del color con soplete
- Aplicación del sellador con soplete
- Secado de la tabla (30 min)
- Lijado de la tabla con lija suave
- Limpieza de la tabla con aire por soplete

- Aplicación de retoque de pintura con soplete
- Pintado de la tabla y retoques con soplete
- Lacado de la tabla con soplete en el área de lacado
- Secado de la tabla (30 min) para evitar que la laca se reviente
- Introducción de la tabla al horno de secado (15 min).
- Almacenamiento de la tabla.

6.4.5.3. Análisis de los resultados

Las tablas listas fueron almacenadas para su análisis después de nueve días cuando los expertos en lacado de AHCORP explican que la muestra ya es significativa debido a experiencias obtenidas en experimentos anteriores realizados en la fábrica.

Después de los nueve días de espera se organizó una reunión para mostrar las tablas a los analistas (expertos en calidad) para que las evalúen y determinen cuáles deben ser reprocesadas y cuáles no. Para evitar que el criterio compartido de los expertos genere variabilidad en las respuestas, se realizó el análisis de las tablas de manera aleatoria y con cada experto por separado. Los resultados se presentan en la Tabla 13 a continuación con datos codificados en los que el valor 1 representa que la tabla se encuentra con calidad y el valor 0 representa que la tabla necesita un reproceso y no ha pasado las pruebas de calidad visuales. Hay que recalcar que actualmente la prueba de calidad visual es la única que se realiza para este efecto en AHCORP.

Lo ideal en un diseño experimental es realizar la mayor cantidad de réplicas posibles y de ese modo minimizar la influencia del error aleatorio (Montgomery 22), por esa razón se han decidido realizar 4 réplicas del experimento (no se han hecho más debido a restricciones económicas y de disponibilidad de los empleados de la empresa), lo que hará que se tengan en total 32 corridas, enumeradas y aleatorizadas en la tabla 13; en dicha tabla ya se puede notar que existen ciertas corridas que presentan una aprobación de calidad por los tres

supervisores, lo que puede llevar a la conclusión que esas corridas pertenecientes a determinadas combinaciones de niveles de los factores son las indicadas para mejorar la calidad del producto y eliminar los reprocesos, sin embargo es prudente correr un análisis de varianza para los datos y de esa manera determinar cuales son los factores significativos del experimento y si existe influencia o interacción entre ellos. En el siguiente punto se presenta el análisis estadístico de los datos recolectados en la fábrica de AHCORP durante el diseño de experimentos.

Tabla 13: Modelo del Diseño experimental con resultados de cada variable de respuesta

Std	Run	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Response 1	Response 2	Response 3
		A: Humedad	B: Masilla	C: No Manos	Supervisor 1	Supervisor 2	Supervisor 3
29	1	14.00	A	4.00	1	1	0
5	2	14.00	B	2.00	0	0	0
11	3	7.00	A	2.00	1	0	1
28	4	7.00	A	4.00	1	0	0
15	5	14.00	A	2.00	1	0	0
13	6	14.00	A	2.00	1	0	1
24	7	14.00	B	4.00	0	0	0
8	8	14.00	B	2.00	0	0	0
26	9	7.00	A	4.00	1	1	1
32	10	14.00	A	4.00	0	0	0
31	11	14.00	A	4.00	0	1	1
30	12	14.00	A	4.00	1	1	1
6	13	14.00	B	2.00	1	1	1
3	14	7.00	B	2.00	0	0	0
10	15	7.00	A	2.00	0	0	0
18	16	7.00	B	4.00	0	0	0
22	17	14.00	B	4.00	0	0	0
16	18	14.00	A	2.00	1	0	0
1	19	7.00	B	2.00	0	0	0
7	20	14.00	B	2.00	0	0	0
25	21	7.00	A	4.00	0	1	1
21	22	14.00	B	4.00	0	0	0
14	23	14.00	A	2.00	1	1	1
4	24	7.00	B	2.00	0	0	0
2	25	7.00	B	2.00	0	0	0
27	26	7.00	A	4.00	1	0	1
19	27	7.00	B	4.00	0	0	0
9	28	7.00	A	2.00	1	1	1
23	29	14.00	B	4.00	0	0	0
17	30	7.00	B	3.00	0	0	0
20	31	7.00	B	3.00	0	0	0
12	32	7.00	A	2.00	1	0	1

Fuente: DOE

Realización: Propia

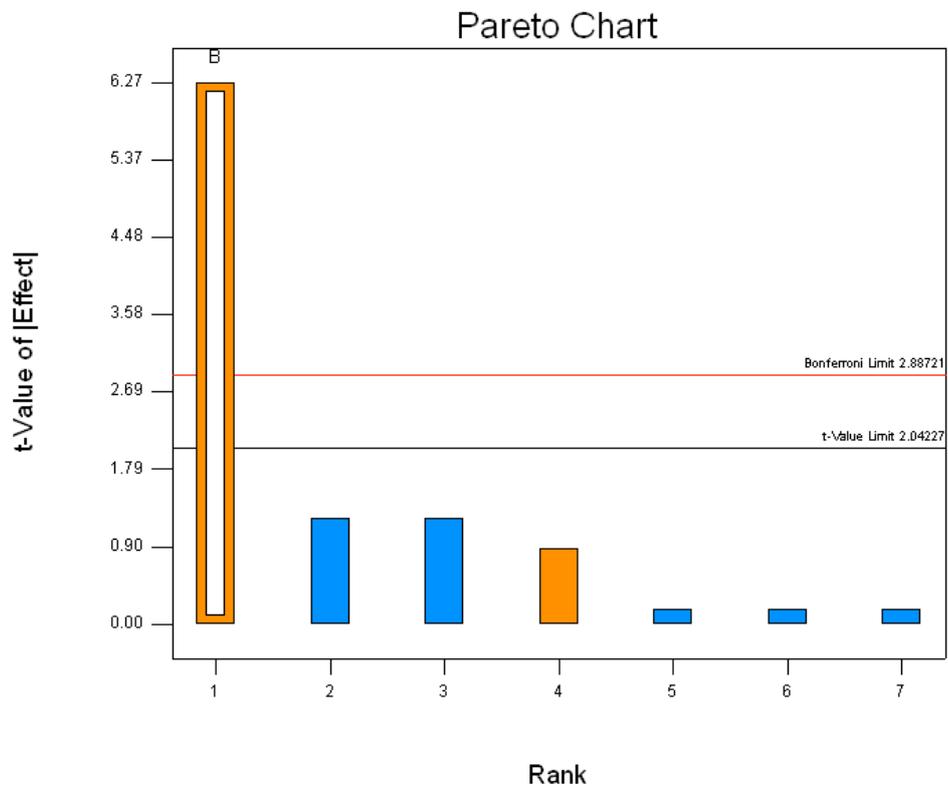
6.4.6. Análisis estadístico de los datos.

Se va realizar el análisis de las tres variables de respuesta por separado y posteriormente se adjuntará un análisis comparativo de las mismas.

6.4.6.1. "Supervisor 1"

Después de ingresar los datos en el software DesignExpert® se procedió al análisis del modelo para la variable de respuesta de "Supervisor 1". Para el análisis de varianza se deben introducir los factores que el experimentador decida, acorde a esto se podrá tener el "mejor ANOVA", que es definido como el análisis de varianza que contiene los factores significativos para el modelo (Gutiérrez 189). Para encontrar el mejor ANOVA se han realizado varias pruebas en las cuales se han ido eliminando los factores no significativos hasta quedarnos con los de significancia para el modelo. Estas pruebas se realizaron utilizando la gráfica de Pareto observada en la gráfica 18 donde todos los factores del modelo se valorizan acorde a su "valor t" (un valor elevado quiere decir que el factor puede ser significativo); se observa que "B" es el único factor sobresaliente con un "valor t" elevado, por lo que "B" será el único efecto tomado en cuenta para el modelo.

Gráfica 18: Pareto Chart de los factores para la VR Supervisor 1

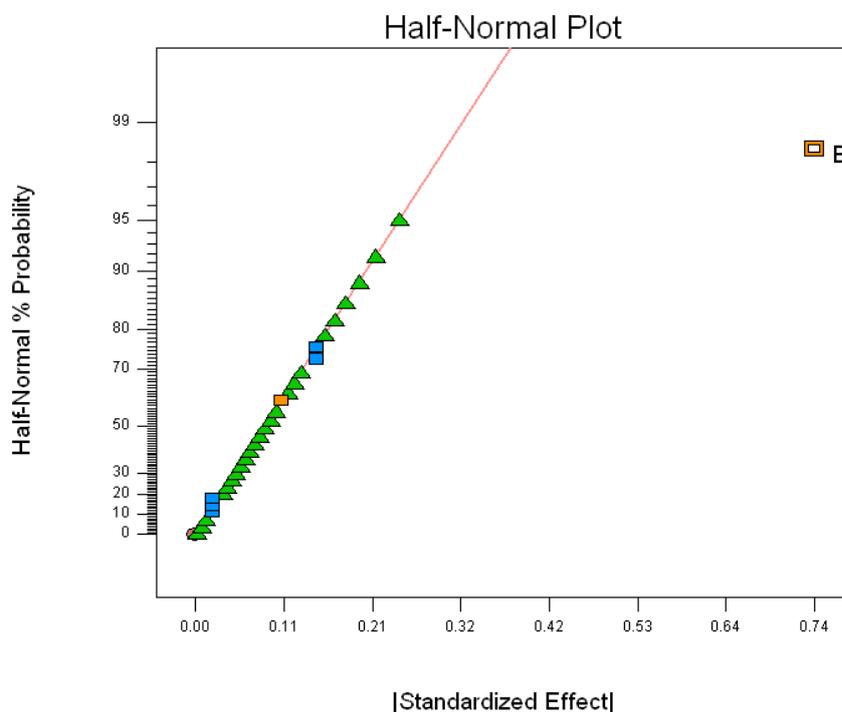


Fuente: Design-Expert®

Realización: Propia

Los resultados de la gráfica 19 son de un análisis similar llamado “Half-Normal Plot” que significa “gráfico de mitad de probabilidad normal” que también es comúnmente utilizado para el análisis de los factores del diseño, por lo cual se va a incluir.

Gráfica 19: Gráfica de mitad de probabilidad normal para VR Supervisor 1



Fuente: Design-Expert®

Realización: Propia

➔ ANOVA

El análisis de varianza se encuentra incluido a continuación:

Tabla 14: ANOVA para Modelo Factorial, Response1: Supervisor 1

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value	
					Prob > F	
Model	4.38	1	4.38	39.31	< 0.0001	significant
B-Masilla	4.38	1	4.38	39.31	< 0.0001	
Residual	3.34	30	0.11			
Lack of Fit	0.42	6	0.071	0.58	0.7409	not significant
Pure Error	2.92	24	0.12			
Cor Total	7.72	31				

Fuente: Design-Expert®

Realización: Propia

En la tabla 14, se puede observar en la columna del “F Value” que el modelo tiene un valor F de 39.31 lo que implica que éste es significativo; esto lo corrobora el valor p (p-value) encontrado a la derecha del valor F, el cual es menor al valor de

significancia elegido para el modelo $\alpha = 0.05$. Del output de Design-Expert se observa que hay una probabilidad de 0.01% de que un valor “F del Modelo” de esta magnitud pudiera ocurrir debido al ruido.

Acorde al valor p menor al nivel de significancia elegido $\alpha = 0.05$, se puede concluir si los términos son significativos para el modelo o no. En este caso el factor B será el único significativo para el modelo con un valor p menor a 0.0001.

Acorde al valor p de la falta de ajuste de 0.74, el cual es mayor al nivel de significancia elegido $\alpha = 0.05$, se puede concluir que la falta de ajuste es no significativa. Existe un 74.09% de probabilidad de que un valor de falta de ajuste de esta magnitud pueda ocurrir debido al ruido. Que la falta de ajuste sea no significativa es un buen indicador de ajuste del modelo (Montgomery 239).

Los estadísticos del modelo se listan a continuación:

1. Std. Dev.: 0.33
2. Mean: 0.41
3. C.V. %: 82.15
4. PRESS: 3.82

PRESS responde al acrónimo “Prediction Error Sum of Squares” que en español significa suma de cuadrados del error de predicción; esta es una medida de qué tan bien predecirá datos nuevos el modelo (Montgomery 239). El valor pequeño que se tiene de la medida PRESS indica que es posible que el modelo sea un buen predictor.

1. R-Squared: 0.5671

El estadístico R cuadrado mide la proporción de la variabilidad total explicada por el modelo; este estadístico suele incrementarse cuando se agregan factores al modelo. Un valor de 56.71% es bajo para el modelo pero establece que éste es confiable (Montgomery 239)

2. Adj R-Squared: 0.5527

Este es un estadístico que está ajustado para el tamaño del modelo o número de factores. Ésta decrece si al modelo se le agregan términos no significativos, por lo que podría ser mayor si se eliminan los términos no significativos del modelo, lo cual no es recomendable debido a que se afectaría la jerarquía del modelo (Montgomery 239).

3. Pred R-Squared: 0.5054

Esta es una medida que indica que se esperaría que el modelo completo explique cerca del 51% de la variabilidad de los datos nuevos (Montgomery 239). El valor de R cuadrada predicha de 0.5054 concuerda razonablemente con la R cuadrada ajustada 0.5527. Una diferencia mayor al 0.20 podría indicar problemas con el modelo o los datos.

4. Adeq Precisor: 8.884

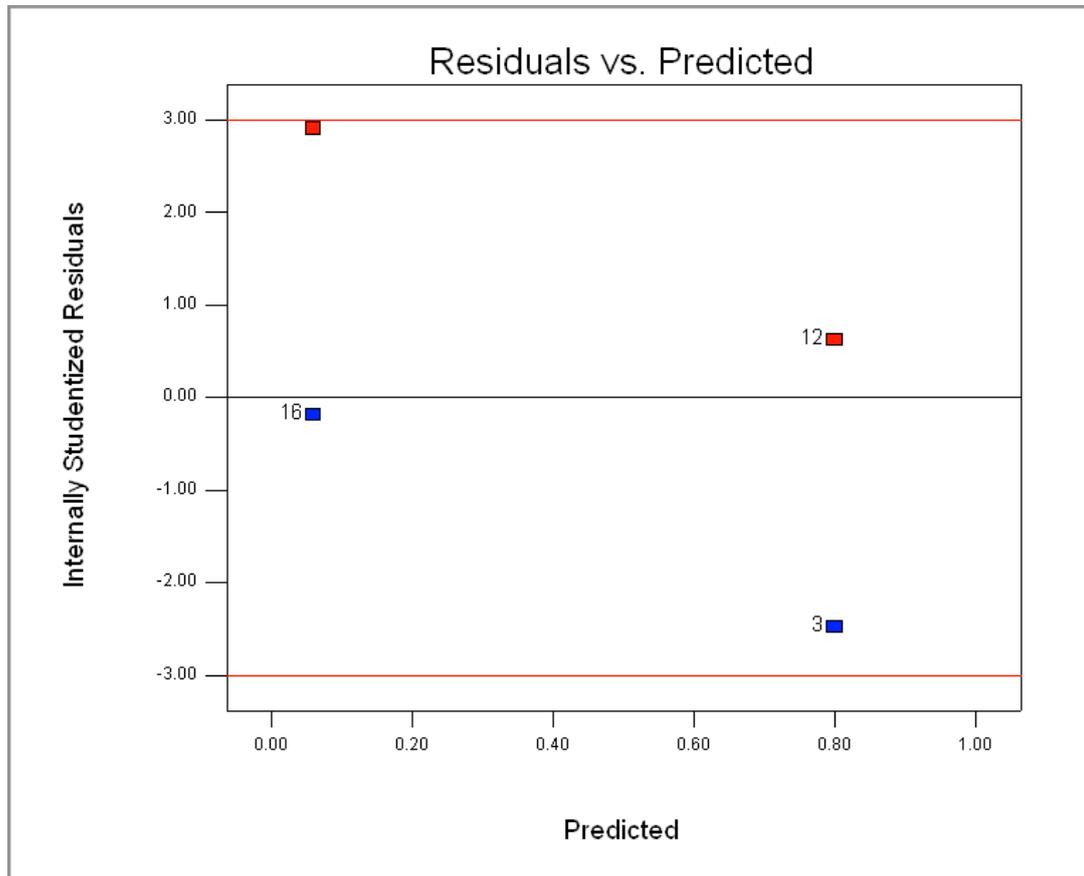
El valor obtenido de la Predicción adecuada del modelo en la que son deseables los valores grandes; los valores que excedan cuatro indican por lo general que el modelo tendrá un desempeño razonable en la predicción (Montgomery 104). El valor obtenido es de 8.884 lo cual es un buen indicador.

➔ Verificación de la adecuación del modelo

Para la verificación de la adecuación del modelo se deben analizar ciertos supuestos del modelo de análisis de varianza, estos supuestos deberán verificarse antes de dar por válidas las conclusiones del modelo (Gutiérrez 182). El análisis de varianza supone que los residuos se distribuyen de forma normal, son independientes y tienen varianza constante (Gutiérrez 182).

Para el primer supuesto de varianza constante se va a analizar la gráfica de los residuos versus los predichos; “los puntos de la gráfica deberán caer aleatoriamente en el sentido vertical dentro de una banda horizontal para concluir que el supuesto se cumple” (Gutiérrez 182). En la gráfica 20 se puede observar los residuos vs. Los predichos y observamos que el supuesto se cumple; observamos que los puntos están bastante dispersos y que la relación de dispersión entre los dos niveles de puntos es similar.

Gráfica 20: Gráfica de los residuales vs. Los predichos para Response1: Supervisor 1

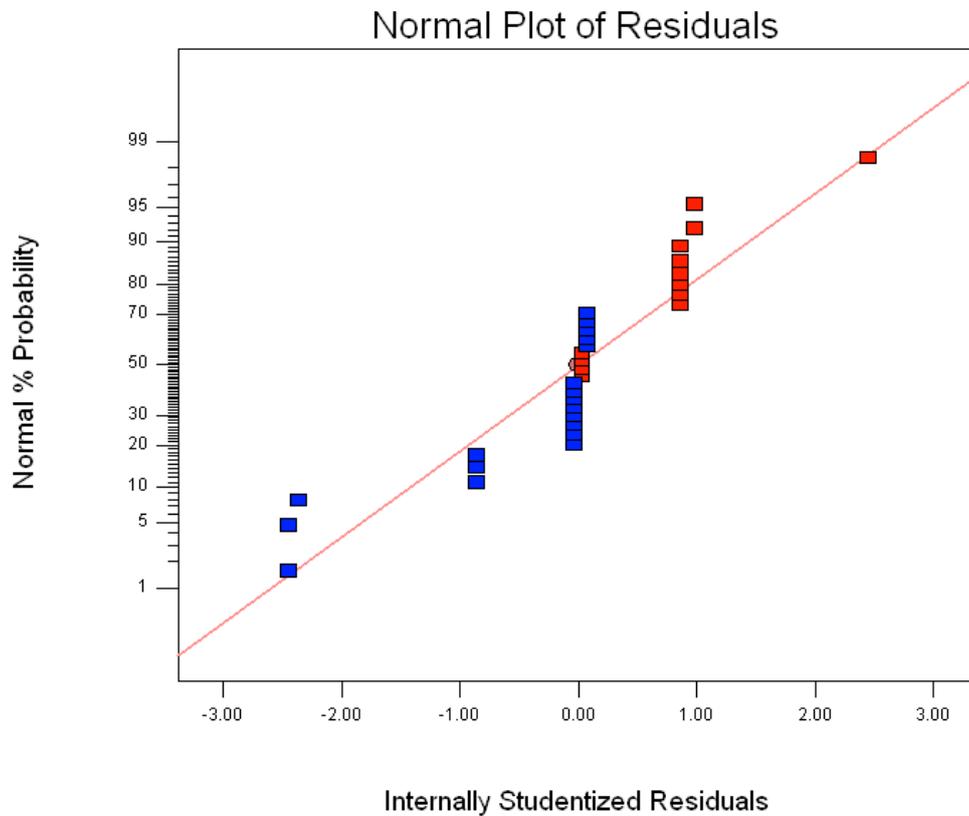


Fuente: Design-Expert®

Realización: Propia

El supuesto de normalidad se va a verificar en la gráfica 21 donde se encuentra la gráfica normal de residuales del modelo. Se observa que los datos no se apegan correctamente a la línea por lo que podemos decir que los datos no cumplen con el supuesto de normalidad (Gutiérrez 182). Para este efecto el software Design-Expert® ha realizado automáticamente una transformación de los datos Box-Cox para suavizarlos y transformarlos en normales. Se ha empleado para la transformación un "lambda" de valor 1. Esta transformación asegura que se cumplirá con el supuesto de normalidad.

Gráfica 21: Gráfica normal de los residuales para Response1: Supervisor 1

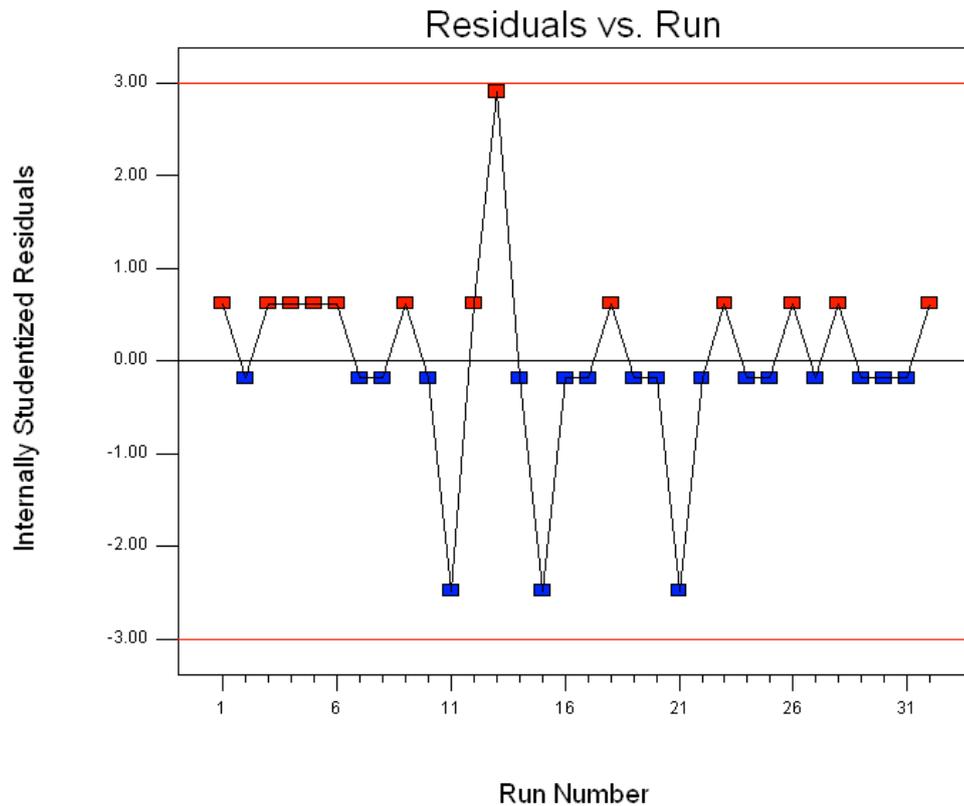


Fuente: Design-Expert®

Realización: Propia

Finalmente para comprobar el supuesto de independencia se deberá visualizar la gráfica de los residuos vs. El orden de corrida; el objetivo es observar algún tipo de tendencia en los datos (Gutiérrez 182). En la gráfica 22 observamos que los puntos no muestran una tendencia definida. Como no existen una sucesión importante de puntos en ninguno de los dos lados al final de la gráfica, se puede decir que si se cumple con el supuesto de independencia.

Gráfica 22: Gráfica de residuos versus corrida para Response1: Supervisor 1



Fuente: Design-Expert®

Realización: Propia

➔ Ecuación final del modelo en función de los factores analizados

Para la elaboración del modelo de regresión final del modelo se presenta la tabla 15 que representa los intervalos de confianza para cada factor evaluado en el modelo. Tenemos en la tabla los coeficientes estimados de cada factor, sus grados de libertad, su error estándar y finalmente los intervalos de confianza.

Tabla 15: Tabla de coeficientes e intervalos de confianza, Response1: Supervisor 1

Factor	Coefficient Estimate	df	Standard Error	95% CI	
				Low	High
Intercept	0.43	1	0.059	0.31	0.55
B-Masilla	0.37	1	0.059	0.25	0.49

Fuente: Design-Expert®

Realización: Propia

Los coeficientes estimados de cada factor son los coeficientes de regresión de la ecuación de regresión. La ecuación se puede representar de la siguiente manera:

$$Y = 0.43 + 0.37x_2$$

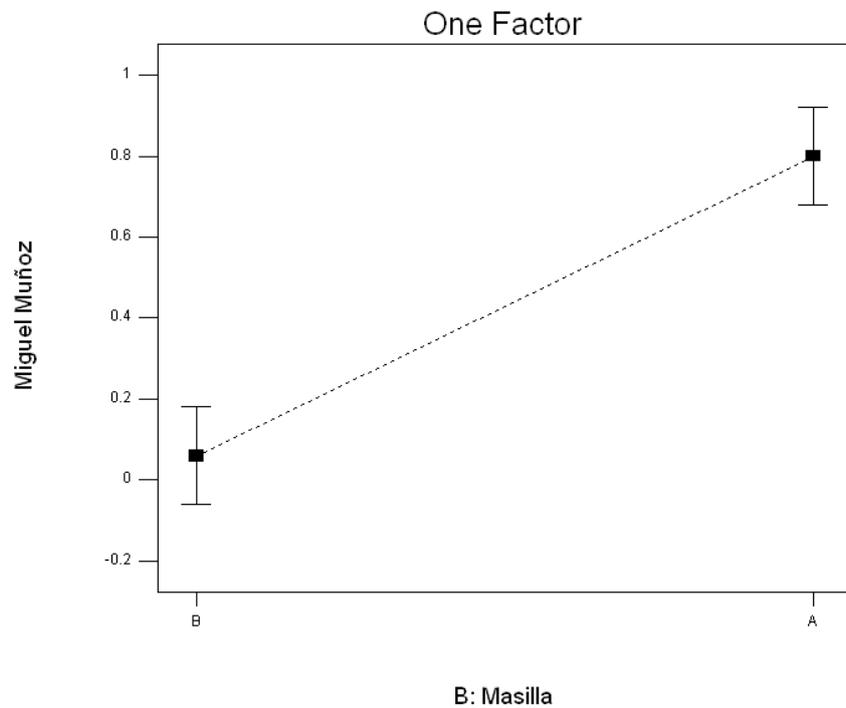
Ecuación 6: Ecuación de regresión del diseño experimental

Donde la Y representa a la variable de respuesta de la calidad del mueble (reprocesos) según el criterio de Supervisor 1; x_2 representa al tipo de masilla.

➔ Gráficos del modelo

Debido a que el modelo para la superficie de respuesta “Supervisor 1” ha tenido solamente un factor significativo, la gráfica que se deberá analizar es únicamente la de un solo factor, en este caso para el factor significativo B “tipo de masilla” donde se observará la tendencia (gráfica 23). Podemos ver que la masilla cuando se encuentra en el nivel B, su efecto en el análisis de “Supervisor 1” se aproxima a 0 lo que significa que debe ser reprocesada; caso contrario, cuando ésta se encuentra en su nivel A, su efecto en el análisis es aproximado a 1 lo que refiere que la madera posee calidad suficientemente buena como para ser entregada al cliente.

Gráfica 23: Gráfica de un factor para masilla. Response1: Supervisor 1



Fuente: Design-Expert®

Realización: Propia

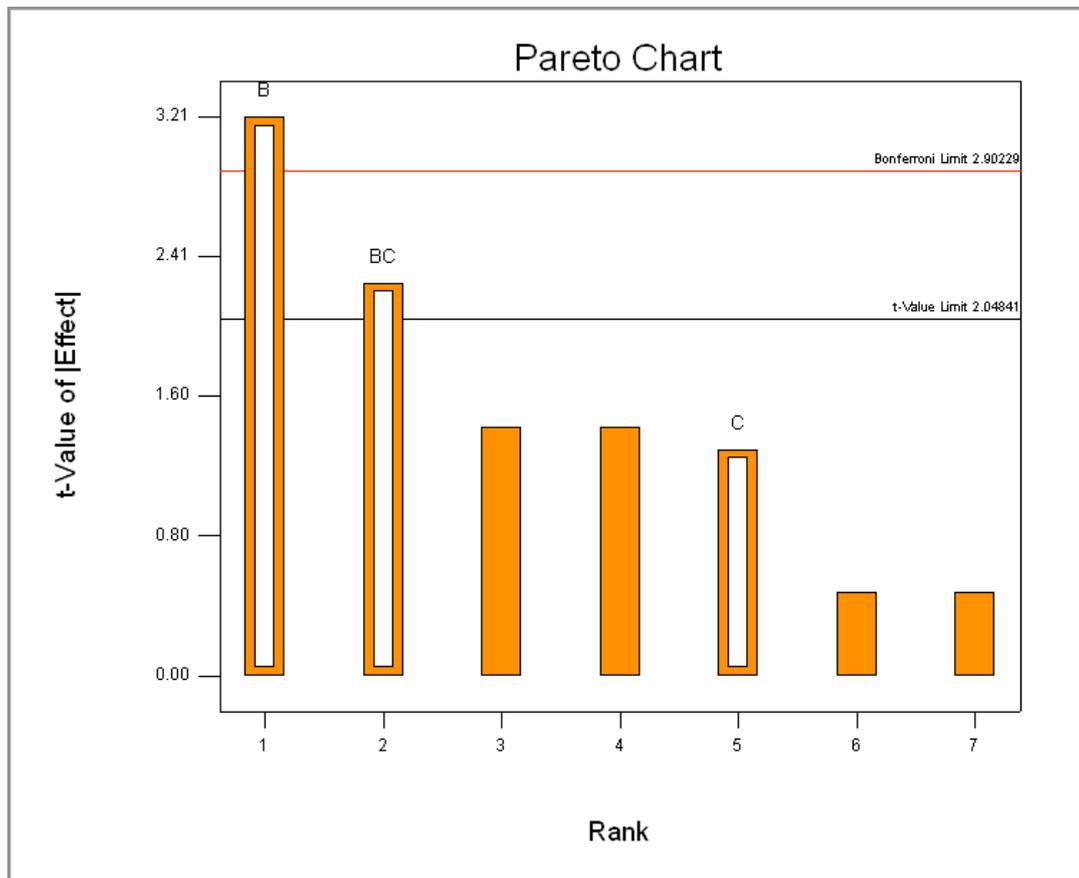
Las conclusiones serán analizadas en conjunto con las de las otras variables de respuesta.

6.4.6.2. Supervisor 2

De la misma forma en la que se procedió a ingresar los datos en el software DesignExpert® para el modelo anterior, se procedió al análisis del modelo para la variable de respuesta de “Supervisor 2”. Para el análisis de varianza se deben introducir los factores que el experimentador decida, acorde a esto se podrá tener el “mejor ANOVA”, que es definido como el análisis de varianza que contiene los factores significativos para el modelo (Gutiérrez 189). Sin embargo para que el modelo cumpla el supuesto de jerarquía, deberá tener el término superior significativo y también todos los términos que lo componen de orden inferior que hará consistente al modelo (Montgomery 203). En la gráfica 24 se puede observar una gráfica de Pareto, que despliega todos los factores del modelo valorizados

acorde a su “valor t” (un valor elevado quiere decir que el factor puede ser significativo). Los resultados visuales son que el factor de mayor incidencia es B, seguido por BC, que por jerarquía obligara a seleccionar también al factor C.

Gráfica 24: Pareto Chart de los factores para la VR “Supervisor 2”

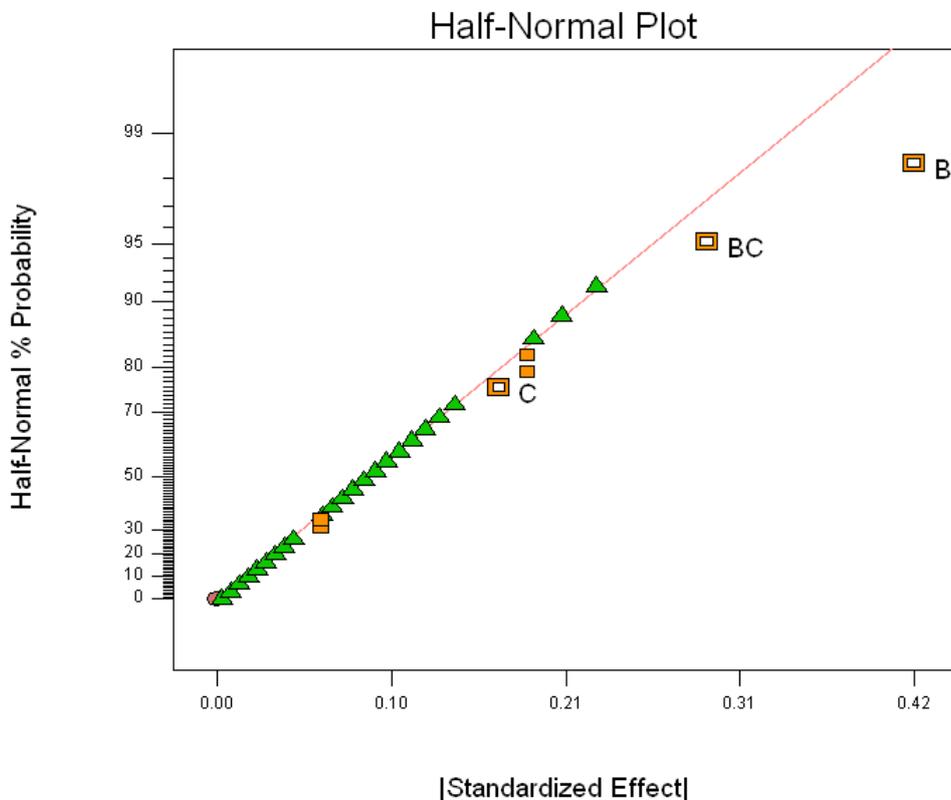


Fuente: Design-Expert®

Realización: Propia

Los resultados se pueden ver en la gráfica 25 de análisis similar llamada “Half-Normal Plot” que significa “gráfico de mitad de probabilidad normal” que también es comúnmente utilizado para el análisis de los factores del diseño, por lo cual se va a incluir. En el gráfico se observa que los factores elegidos se encuentran separados y muestran significancia; el factor elegido por jerarquía no muestra significancia.

Gráfica 25: Gráfica de mitad de probabilidad normal para VR "Supervisor 2"



Fuente: Design-Expert®

Realización: Propia

➔ ANOVA

El análisis de varianza se encuentra incluido a continuación:

Tabla 16: ANOVA para Modelo Factorial, Response2: "Supervisor 2"

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value	
					Prob > F	
Model	2.20	3	0.73	5.39	0.0047	significant
B-Masilla	1.40	1	1.40	10.29	0.0033	
C-No Manos	0.23	1	0.23	1.68	0.2053	
BC	0.69	1	0.69	5.07	0.0323	
Residual	3.80	28	0.14			
Lack of Fit	0.55	4	0.14	1.02	0.4160	not significant
Pure Error	3.25	24	0.14			
Cor Total	6.00	31				

Fuente: Design-Expert®

Realización: Propia

En la tabla 16 se puede identificar en la columna del “F Value” que el modelo tiene un valor F de 5.39 lo que implica que éste es significativo; esto lo corrobora el valor p (p-value) encontrado a la derecha del valor F, el cual es menor al valor de significancia elegido para el modelo $\alpha = 0.05$. Del output de Design-Expert se observa que solo hay una probabilidad de 0.47% de que un valor “F del Modelo” de esta magnitud pudiera ocurrir debido al ruido.

Acorde al valor p menor al nivel de significancia elegido $\alpha = 0.05$, se puede concluir si los términos son significativos para el modelo o no. En este caso el factor B es significativo para el modelo con un valor p menor a 0.0001, así como la interacción BC con valor p de 0.032.

Acorde al valor p de la falta de ajuste de 0.41, el cual es mayor al nivel de significancia elegido $\alpha = 0.05$, se puede concluir que la falta de ajuste es no significativa. Existe un 41.60% de probabilidad de que un valor de falta de ajuste de esta magnitud pueda ocurrir debido al ruido. Que la falta de ajuste sea no significativa es un buen indicador de ajuste del modelo.

Los estadísticos del modelo se listan a continuación:

1. Std. Dev.: 0.37
2. Mean: 0.25
3. C.V. %: 147.43
4. PRESS: 5.05

PRESS responde al acrónimo “Prediction Error Sum of Squares” que en español significa suma de cuadrados del error de predicción; esta es una medida de qué tan bien predecirá datos nuevos el modelo (Montgomery 239). El valor pequeño que se tiene de la medida PRESS indica que es posible que el modelo sea un buen predictor.

5. R-Squared: 0.3661

El estadístico R cuadrado mide la proporción de la variabilidad total explicada por el modelo; este estadístico suele incrementarse cuando se agregan

factores al modelo. Un valor de 36.61% es bajo para el modelo (Montgomery 239)

6. Adj R-Squared: 0.2982

Este es un estadístico que está ajustado para el tamaño del modelo o número de factores. Ésta decrece si al modelo se le agregan términos no significativos, por lo que podría ser mayor si se eliminan los términos no significativos del modelo, lo cual no es recomendable debido a que se afectaría la jerarquía del modelo (Montgomery 239).

7. Pred R-Squared: 0.1589

Esta es una medida que indica que se esperaría que el modelo completo explique cerca del 15% de la variabilidad de los datos nuevos (Montgomery 239). El valor de R cuadrada predicha de 0.1589 concuerda razonablemente con la R cuadrada ajustada 0.2982. Una diferencia mayor al 0.20 podría indicar problemas con el modelo o los datos.

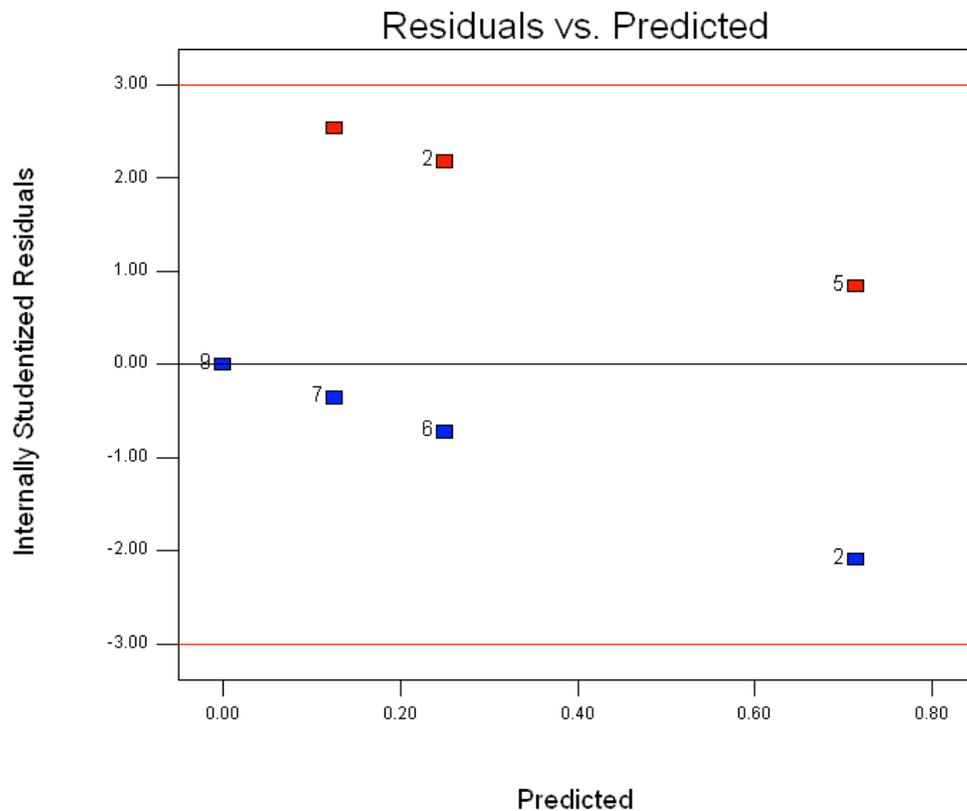
8. Adeq Precisor: 5.482

El valor obtenido de la Predicción adecuada del modelo en la que son deseables los valores grandes; los valores que excedan cuatro indican por lo general que el modelo tendrá un desempeño razonable en la predicción (Montgomery 104). El valor obtenido es de 5.482 lo cual es un buen indicador.

➔ Verificación de la adecuación del modelo

Para el primer supuesto de varianza constante se va a analizar la gráfica de los residuos versus los predichos; “los puntos de la gráfica deberán caer aleatoriamente en el sentido vertical dentro de una banda horizontal para concluir que el supuesto se cumple” (Gutiérrez 182). En la gráfica 26 se puede observar los residuos vs. Los predichos y observamos que el supuesto se cumple; observamos que los puntos están bastante dispersos y que la relación de dispersión entre los dos niveles de puntos es similar.

Gráfica 26: Gráfica de los residuales vs. Los predichos para Response1: "Supervisor 2"

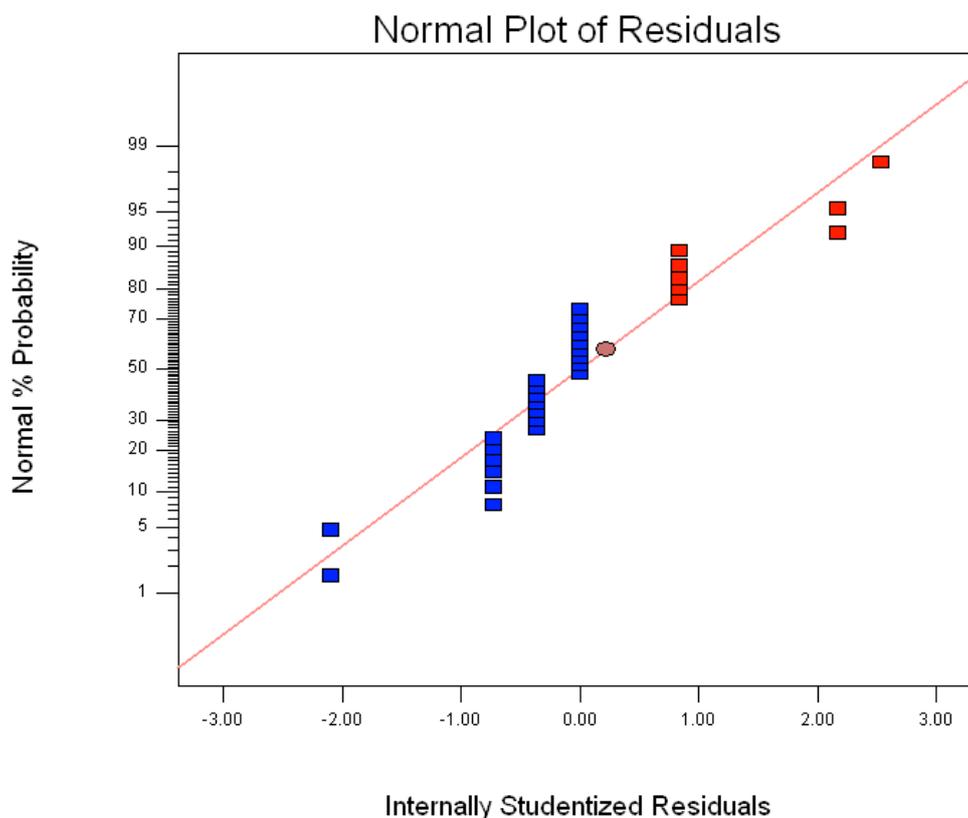


Fuente: Design-Expert®

Realización: Propia

El supuesto de normalidad se va a verificar en la gráfica 27 donde se encuentra la gráfica normal de residuales del modelo. Se observa que los datos no se apegan correctamente a la línea por lo que podemos decir que los datos no cumplen con el supuesto de normalidad (Gutiérrez 182). Para este efecto el software Design-Expert® ha realizado automáticamente una transformación de los datos Box-Cox para suavizarlos y transformarlos en normales. Se ha empleado para la transformación un lambda de valor -0.5. Esta transformación asegura que se cumplirá con el supuesto de normalidad.

Gráfica 27: Gráfica normal de los residuales para Response2: "Supervisor 2"

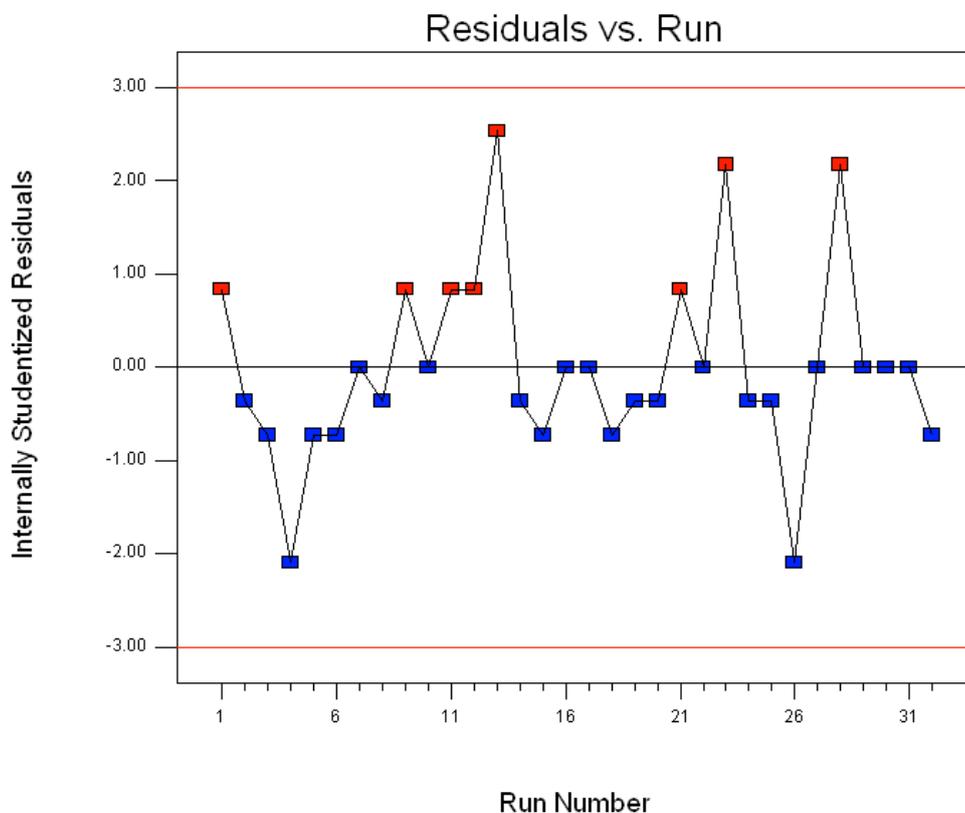


Fuente: Design-Expert®

Realización: Propia

Finalmente para comprobar el supuesto de independencia se deberá visualizar la gráfica de los residuos vs. el orden de corrida; el objetivo es observar algún tipo de tendencia en los datos (Gutiérrez 182). En la gráfica 28 se observa que los puntos no muestran una tendencia en especial, sin embargo se puede visualizar que los datos están agrupados en la parte de abajo de la línea media. Esto puede ser debido a que la superficie de respuesta tiene únicamente dos valores, lo que puede afectar a la gráfica. Como no existen una sucesión importante de puntos en ninguno de los dos lados al final de la gráfica, se puede decir que si se cumple con el supuesto de independencia.

Gráfica 28: Gráfica de residuos versus corrida para Response2: "Supervisor 2"



Fuente: Design-Expert®

Realización: Propia

➔ Ecuación final del modelo en función de los factores analizados

Para la elaboración del modelo de regresión final del modelo se presenta la tabla 17 que representa los intervalos de confianza para cada factor evaluado en el modelo. Tenemos en la tabla los coeficientes estimados de cada factor, sus grados de libertad, su error estándar y finalmente los intervalos de confianza.

Tabla 17: Tabla de coeficientes e intervalos de confianza, Response2: "Supervisor 2"

Factor	Coefficient Estimate	df	Standard	95% CI	
			Error	Low	High
Intercept	0.27	1	0.065	0.14	0.41
B-Masilla	0.21	1	0.065	0.076	0.34
C-No Manos	0.085	1	0.065	-0.049	0.22
BC	0.15	1	0.065	0.013	0.28

Fuente: Design-Expert®

Realización: Propia

Los coeficientes estimados de cada factor son los coeficientes de regresión de la ecuación de regresión. La ecuación se puede representar de la siguiente manera:

$$Y = 0.27 + 0.21x_2 + 0.085x_3 + 0.15x_{23}$$

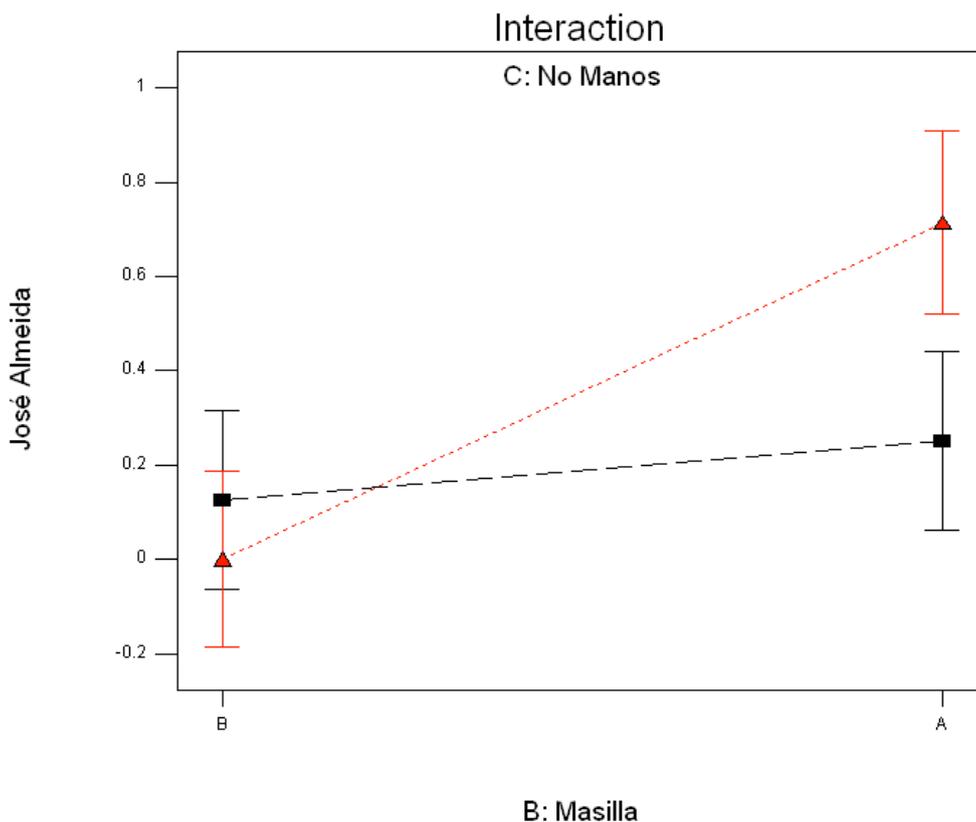
Ecuación 7: Ecuación de regresión del diseño experimental

Donde la Y representa a la variable de respuesta de la calidad del mueble (reprocesos) según el criterio de “Supervisor 2”. x_2 representa al tipo de masilla, x_3 al número de manos y x_{23} a la interacción de tipo de masilla con el número de manos.

➔ Gráficos del modelo

La gráfica donde se observarán las tendencias de cada factor y su interacción será el gráfico de interacción de los factores significativos; se puede observar la gráfica 29. Podemos ver que la masilla cuando se encuentra en el nivel B, su efecto en el número de manos va a ser bajo sin importar el nivel del factor “ x_3 ”, por lo que en el análisis de “Supervisor 2” se aproxima a 0 lo que significa que debe ser reprocesada. Cuando la masilla se encuentra en su nivel A, su efecto sobre el número de manos es considerable; si estamos en el nivel A de masilla, el número de “4 manos de pintura”, ésta será la combinación que resulte en el análisis de “Supervisor 2” aproximado a 1 lo que refiere a que la madera posee calidad suficientemente buena como para ser entregada al cliente.

Gráfica 29: Gráfica de un factor para masilla. Response2: "Supervisor 2"

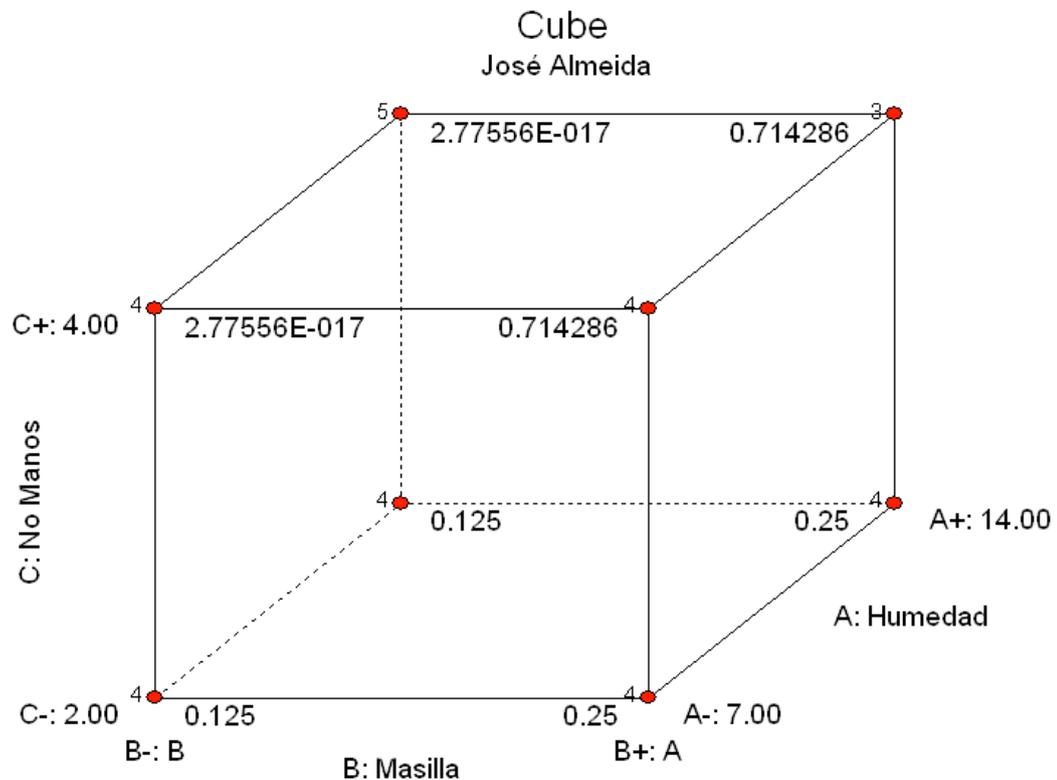


Fuente: Design-Expert®

Realización: Propia

La representación geométrica en forma de cubo del diseño factorial también demuestra que los valores de la superficie de respuesta se acercan a 1 cuando nos encontramos en cualquier punto dentro de la línea formada por el nivel A de masilla y el nivel de número de manos "4", conformado por los puntos (4, 3) del cubo observado en la gráfica 30.

Gráfica 30: Gráfica de cubo. Response2: "Supervisor 2"



Fuente: Design-Expert®

Realización: Propia

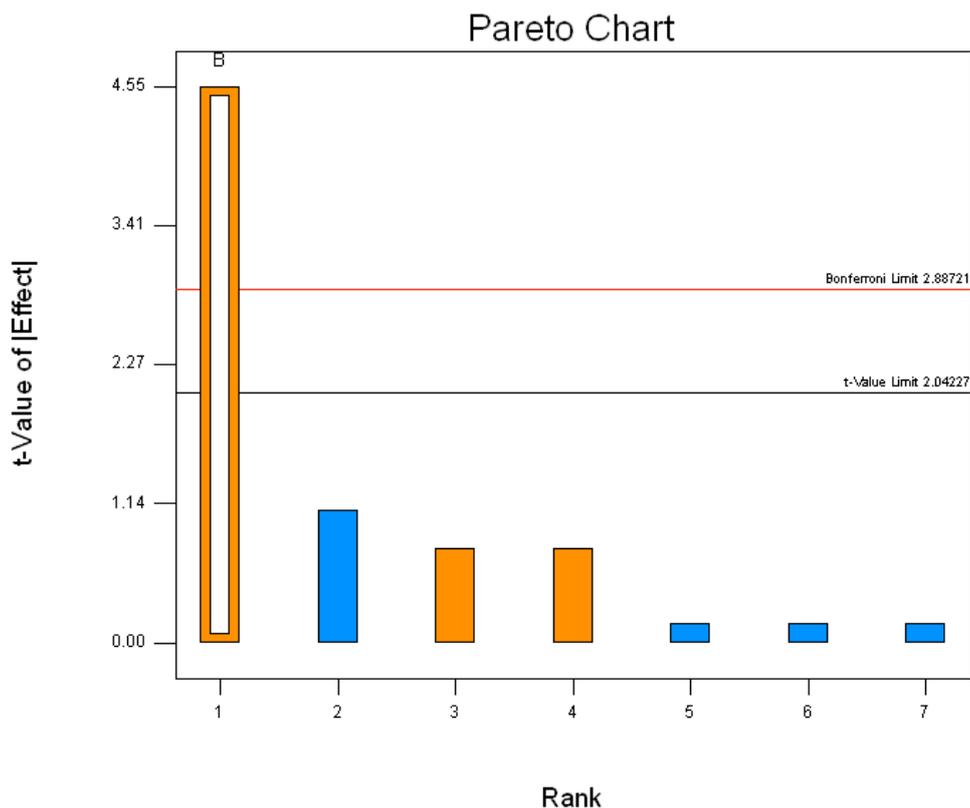
Las conclusiones serán analizadas en conjunto con las de las otras variables de respuesta.

6.4.6.3. "Supervisor 3"

De la misma forma en la que se procedió a ingresar los datos en el software DesignExpert® para el modelo anterior, se procedió al análisis del modelo para la variable de respuesta de "Supervisor 3". Para el análisis de varianza se deben introducir los factores que el experimentador decida, acorde a esto se podrá tener el "mejor ANOVA", que es definido como el análisis de varianza que contiene los factores significativos para el modelo (Gutiérrez 189). Para encontrar el mejor ANOVA se han realizado varias pruebas en las cuales se han ido eliminando los factores no significativos hasta quedarnos con los de significancia para el modelo. Estas pruebas se realizaron utilizando la gráfica de Pareto observada en la gráfica 31 donde todos los factores del modelo se valorizan acorde a su "valor t" (un valor

elevado quiere decir que el factor puede ser significativo); se observa que “B” es el único factor sobresaliente con un “valor t” elevado, por lo que “B” será el único efecto tomado en cuenta para el modelo.

Gráfica 31: Pareto Chart de los factores para la VR “Supervisor 3”

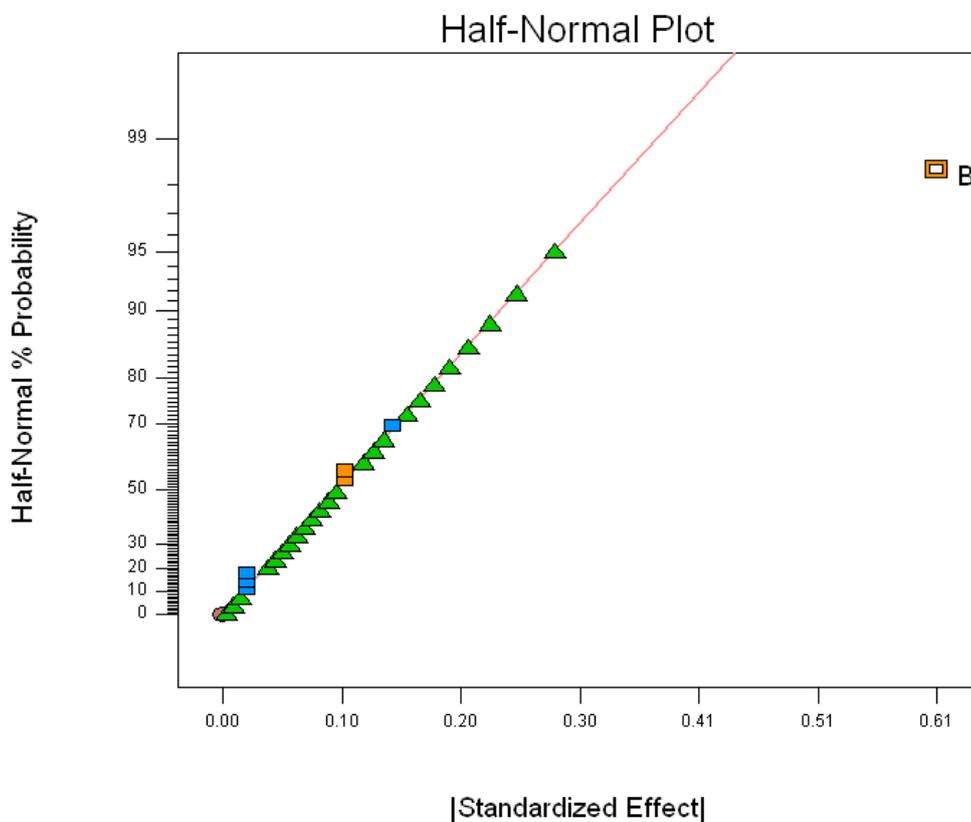


Fuente: Design-Expert®

Realización: Propia

Los resultados encontrados en la gráfica 32 de análisis similar llamada “Half-Normal Plot” que significa “gráfico de mitad de probabilidad normal” que también es comúnmente utilizado para el análisis de los factores del diseño, por lo cual se va a incluir.

Gráfica 32: Gráfica de mitad de probabilidad normal para VR "Supervisor 3"



Fuente: Design-Expert®

Realización: Propia

➔ ANOVA

El análisis de varianza se encuentra incluido a continuación:

Tabla 18: ANOVA para Modelo Factorial, Response3: "Supervisor 3"

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value	
					Prob > F	
Model	2.94	1	2.94	20.66	< 0.0001	significant
B-Masilla	2.94	1	2.94	20.66	< 0.0001	
Residual	4.27	30	0.14			
Lack of Fit	0.36	6	0.060	0.37	0.8935	not significant
Pure Error	3.92	24	0.16			
Cor Total	7.22	31				

Fuente: Design-Expert®

Realización: Propia

En la tabla 18 se puede identificar en la columna “F Value” que el modelo tiene un valor F de 20.66 lo que implica que éste es significativo; esto lo corrobora el valor p (p-value) encontrado a la derecha del valor F, el cual es menor al valor de significancia elegido para el modelo $\alpha = 0.05$. Del output de Design-Expert se observa que solo hay una probabilidad de 0.01% de que un valor “F del Modelo” de esta magnitud pudiera ocurrir debido al ruido.

Acorde al valor p menor al nivel de significancia elegido $\alpha = 0.05$, se puede concluir si los términos son significativos para el modelo o no. En este caso solo el factor B es significativo para el modelo con un valor p menor a 0.0001.

Acorde al valor p de la falta de ajuste de 0.74, el cual es mayor al nivel de significancia elegido $\alpha = 0.05$, se puede concluir que la falta de ajuste es no significativa. Existe un 89.35% de probabilidad de que un valor de falta de ajuste de esta magnitud pueda ocurrir debido al ruido. Que la falta de ajuste sea no significativa es un buen indicador de ajuste del modelo.

Los estadísticos del modelo se listan a continuación:

1. Std. Dev.: 0.38
2. Mean: 0.34
3. C.V. %: 109.81
4. PRESS: 4.89

PRESS responde al acrónimo “Prediction Error Sum of Squares” que en español significa suma de cuadrados del error de predicción; esta es una medida de que tan bien predecirá datos nuevos el modelo (Montgomery 239). El valor pequeño que se tiene de la medida PRESS indica que es posible que el modelo sea un buen predictor.

9. R-Squared: 0.4079

El estadístico R cuadrado mide la proporción de la variabilidad total explicada por el modelo; este estadístico suele incrementarse cuando se agregan

factores al modelo. Un valor de 40.79% es bajo para el modelo (Montgomery 239).

10. Adj R-Squared: 0.3881

Este es un estadístico que está ajustado para el tamaño del modelo o número de factores. Ésta decrece si al modelo se le agregan términos no significativos, por lo que podría ser mayor si se eliminan los términos no significativos del modelo, lo cual no es recomendable debido a que se afectaría la jerarquía del modelo (Montgomery 239).

11. Pred R-Squared: 0.3227

Esta es una medida que indica que se esperaría que el modelo completo explique cerca del 32% de la variabilidad de los datos nuevos (Montgomery 239). El valor de R cuadrada predicha de 0.3227 concuerda razonablemente con la R cuadrada ajustada 0.3881. Una diferencia mayor al 0.20 podría indicar problemas con el modelo o los datos.

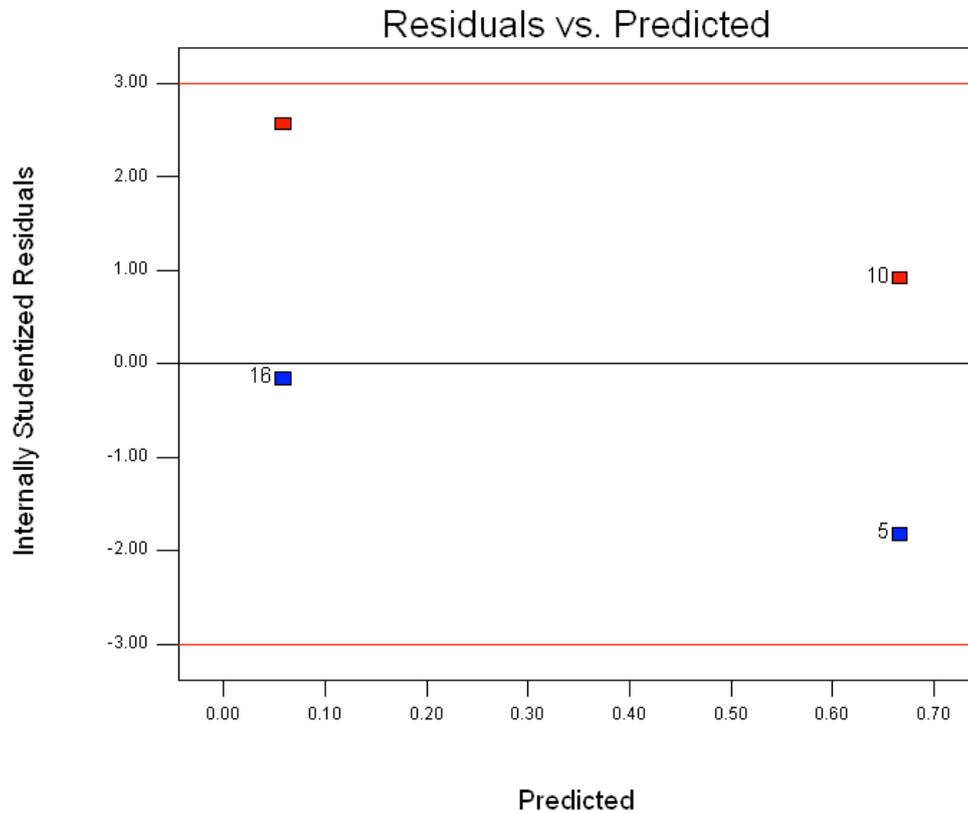
12. Adeq Precisor: 6.441

El valor obtenido de la Predicción adecuada del modelo en la que son deseables los valores grandes; los valores que excedan cuatro indican por lo general que el modelo tendrá un desempeño razonable en la predicción (Montgomery 104). El valor obtenido es de 6.441 lo cual es un buen indicador.

➔ Verificación de la adecuación del modelo

Para el primer supuesto de varianza constante se va a analizar la gráfica de los residuos versus los predichos; “los puntos de la gráfica deberán caer aleatoriamente en el sentido vertical dentro de una banda horizontal para concluir que el supuesto se cumple” (Gutiérrez 182). En la gráfica 33 se puede observar los residuos vs. Los predichos y observamos que el supuesto se cumple; observamos que los puntos están bastante dispersos y que la relación de dispersión entre los dos niveles de puntos es similar.

Gráfica 33: Gráfica de los residuales vs. Los predichos para Response3: "Supervisor 3"

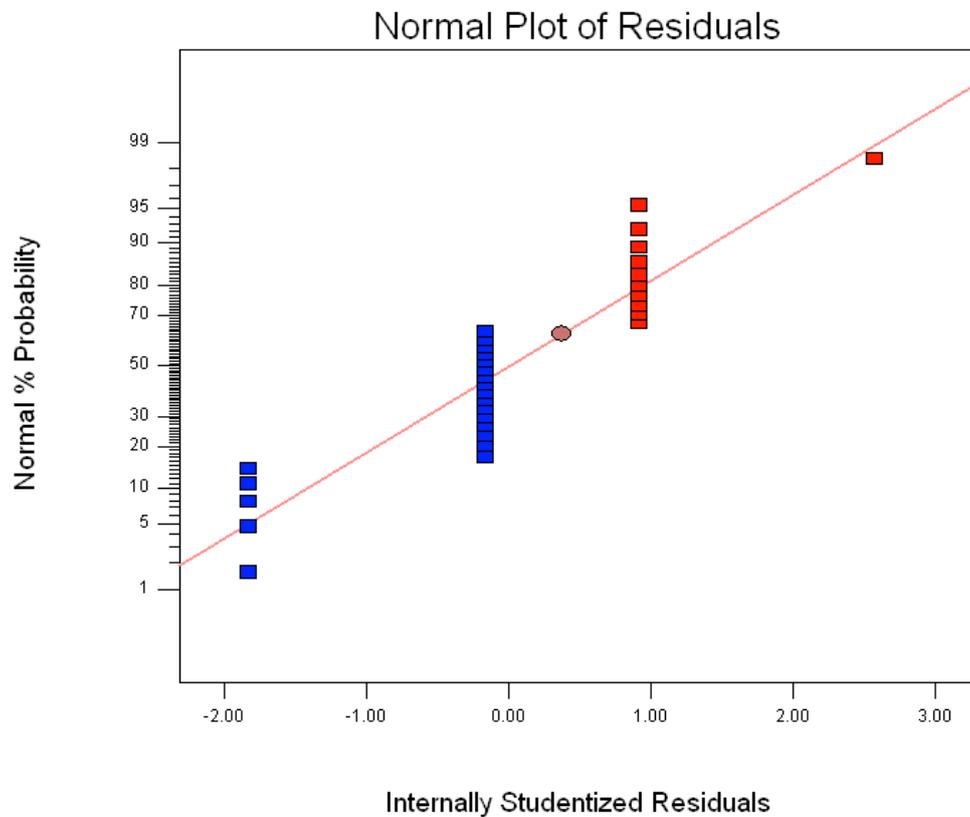


Fuente: Design-Expert®

Realización: Propia

El supuesto de normalidad se va a verificar en la gráfica 34 donde se encuentra la gráfica normal de residuales del modelo. Se observa que los datos no se apegan correctamente a la línea por lo que podemos decir que los datos no cumplen con el supuesto de normalidad (Gutiérrez 182). Para este efecto el software Design-Expert® ha realizado automáticamente una transformación de los datos Box-Cox para suavizarlos y transformarlos en normales. Se ha empleado para la transformación un "lambda" de valor -0.5. Esta transformación asegura que se cumplirá con el supuesto de normalidad.

Gráfica 34: Gráfica normal de los residuales para Response1: "Supervisor 3"

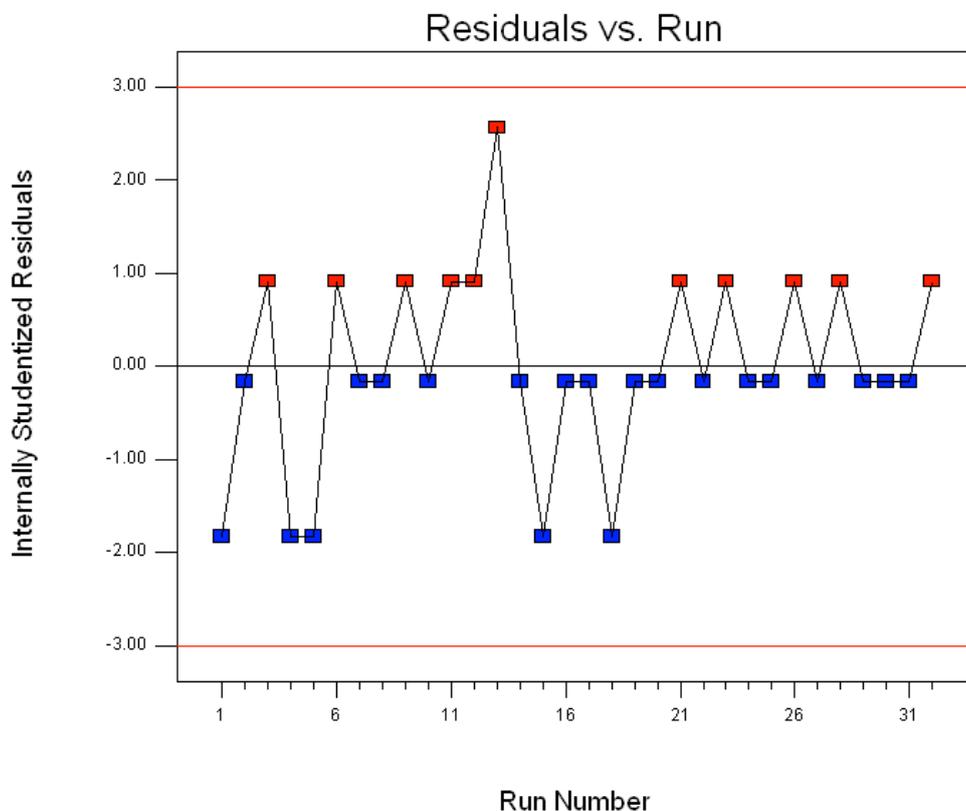


Fuente: Design-Expert®

Realización: Propia

Finalmente para comprobar el supuesto de independencia se deberá visualizar la gráfica de los residuos vs. El orden de corrida; el objetivo es observar algún tipo de tendencia en los datos (Gutiérrez 182). En la gráfica 35 se observa que los puntos no muestran una tendencia definida, sin embargo en la mitad muestran muchos puntos localizados en la parte inferior de la línea media. Esto puede ser debido a que la superficie de respuesta solo tiene dos valores, lo que puede afectar a la gráfica. Como no existen una sucesión importante de puntos en ninguno de los dos lados al final de la gráfica, se puede decir que si se cumple con el supuesto de independencia.

Gráfica 35: Gráfica de residuos versus corrida para Response3: "Supervisor 3"



Fuente: Design-Expert®

Realización: Propia

➔ Ecuación final del modelo en función de los factores analizados

Para la elaboración del modelo de regresión final del modelo se presenta la tabla 19 que representa los intervalos de confianza para cada factor evaluado en el modelo. Tenemos en la tabla los coeficientes estimados de cada factor, sus grados de libertad, su error estándar y finalmente los intervalos de confianza.

Tabla 19: Tabla de coeficientes e intervalos de confianza, Response3: "Supervisor 3"

Factor	Coefficient Estimate	df	Standard Error	95% CI	
				Low	High
Intercept	0.36	1	0.067	0.23	0.50
B-Masilla	0.30	1	0.067	0.17	0.44

Fuente: Design-Expert®

Realización: Propia

Los coeficientes estimados de cada factor son los coeficientes de regresión de la ecuación de regresión. La ecuación se puede representar de la siguiente manera:

$$Y = 0.36 + 0.30x_2$$

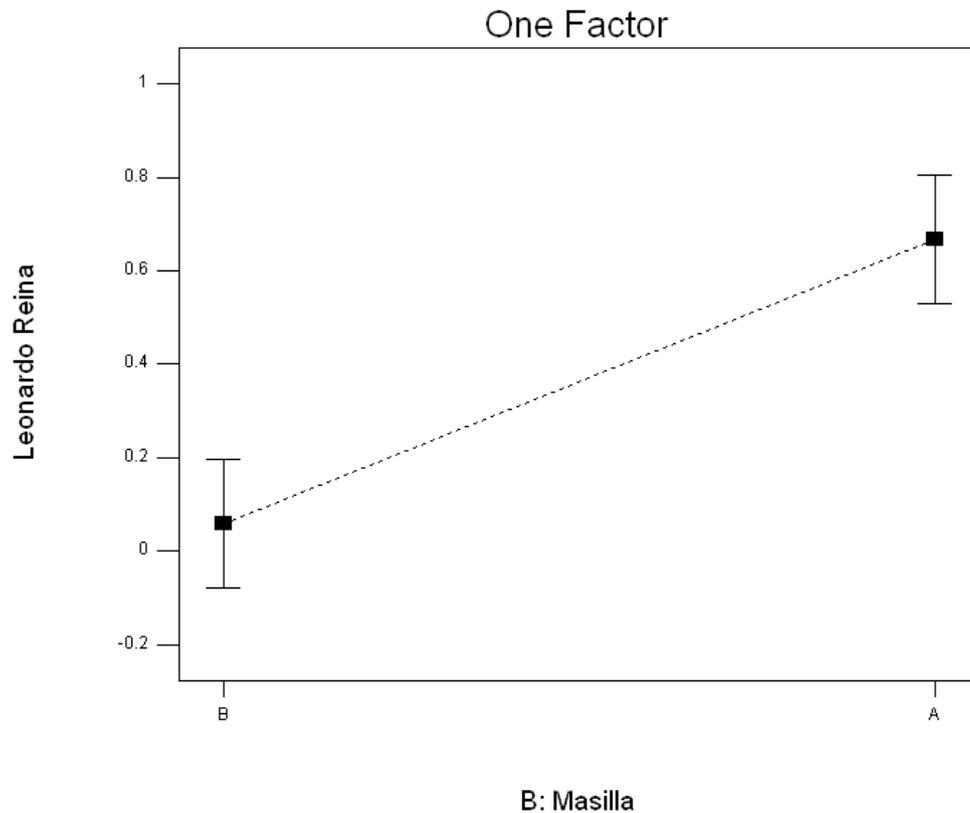
Ecuación 8: Ecuación de regresión del diseño experimental

Donde la Y representa a la variable de respuesta de la calidad del mueble (reprocesos) según el criterio de “Supervisor 3”; x_2 representa al tipo de masilla.

➔ Gráficos del modelo

Debido a que el modelo para la superficie de respuesta “Supervisor 3” ha tenido solamente un factor significativo, la gráfica que se deberá analizar es de un solo factor para el efecto significativo B “tipo de masilla” donde se observará la tendencia (ver gráfica 36). Podemos ver que la masilla cuando se encuentra en el nivel B, su efecto en el análisis del “Supervisor 3” se aproxima a 0 lo que significa que debe ser reprocesada; caso contrario, cuando ésta se encuentra en su nivel A, su efecto en el análisis es aproximado a 1 lo que refiere que la madera posee calidad suficientemente buena como para ser entregada al cliente.

Gráfica 36: Gráfica de un factor para masilla. Response3: "Supervisor 3"



Fuente: Design-Expert®

Realización: Propia

Las conclusiones serán analizadas en conjunto con las de las otras variables de respuesta.

6.4.7. Conclusiones del diseño.

Las conclusiones del diseño son claras y después de haber analizado las tres superficies de respuesta se puede decir que el tipo de masilla es el factor influyente en el reproceso del mueble. La calidad de las masillas difiere de forma abismal y se refleja en el resultado del diseño con una curva con pendiente pronunciada para diferenciar la influencia de los niveles del factor masilla en las distintas superficies de respuesta.

La primera conclusión es que se debe dejar de utilizar la masilla "B" de manera definitiva. Investigando el origen de esta masilla se supo que es elaborada a base de talco y otros químicos, que al toparse con pinturas, lacas y thinner, se

rechupan casi inminentemente. Se debe usar solamente la masilla “A”, la cual es elaborada con materiales diferentes (por esa razón tiene colores diferentes que se asemejan al color de la madera) que por lo general no tienen reacciones químicas al toparse con otros elementos.

La segunda conclusión se refiere al análisis de los tres supervisores que colaboraron en la revisión de las maderas procesadas. Los tres análisis fueron muy similares y eso demuestra que la experiencia de ellos es valiosa al momento de revisar la calidad de los muebles. Es bueno que no se encuentren opiniones divididas entre los supervisores de calidad y de proceso.

La tercera conclusión cae sobre los otros dos factores elegidos para el experimento, los cuales no tuvieron influencia con los reprocesos y la falta de calidad del mueble. En una sola superficie de respuesta (supervisor 2) el factor # de manos tuvo influencia en su interacción con la masilla pero demostró una tendencia bastante leve entre los dos niveles del factor, lo que hace indiferente el número de manos que se apliquen a la madera para la calidad de la misma (pueden ser entre 2 y 4 a criterio visual del pintor). La humedad de la madera también resultó indiferente a la calidad de la misma y se demostró que si la madera se encuentra entre los porcentajes de humedad especificados (7% y 15%), la madera no se verá afectada por este factor.

6.5. Análisis del problema de “golpes en el área de tapicería”.

Recordando lo decidido con la administración de AHCORP en el punto 6.1 de la fase analizar, el cuarto problema crítico que se debía analizar para mejorarlo era el de golpes en tapicería. Este problema cuenta con diferentes causas que pueden ser la raíz de este problema que representa costos elevados a la empresa. En los diagramas de Ishikawa realizados en el mismo punto se encuentra el correspondiente al de golpes del mueble originados en el área de tapicería los cuales serán resumidos y listados a continuación:

- Problemas con la materia prima (muy delicada)

- Herramientas difíciles de usar.
- Descuidos del tapizador (Falta de organización)
- Ambiente de trabajo no adecuado en el área de tapizado.

En la lluvia de ideas realizada para el punto 6.4 se analizó las causas que podrían generar los golpes en tapicería; los resultados del análisis demostraron que el problema no se encuentra en los materiales ni los métodos, sino en la incomodidad física del trabajador. El resto de causas que pueden generar los golpes en tapicería se pueden descartar: se ha hecho una revisión exhaustiva de métodos y estándares en AHCORP y éstos se encuentran bajo control; la empresa se asegura del correcto aprovisionamiento de materiales y herramientas de excelente calidad a los tapizadores; la materia prima utilizada no puede ser cambiada por políticas de diseño.

Una sola causa restante es la que puede estar generando que los trabajadores golpeen los muebles al momento de tapizarlos y ésta es el descuido del trabajador. Se puede relacionar al descuido del trabajador con la incomodidad que éste tiene al trabajar; por otro lado al observar el área de tapizado se puede notar que no se ha hecho un estudio ergonómico al puesto de trabajo. Se podría dar el caso en que las condiciones del puesto de trabajo estén afectando a la atención de los obreros. Se presentó el análisis mencionado a la dirección de AHCORP y se ha sugerido que es conveniente hacer un estudio del puesto de trabajo del área de tapicería (Burbano).

6.5.1. Análisis del puesto de trabajo.

Para la realización del análisis se ha seguido el procedimiento de análisis expuesto en el libro Ergonomía Ocupacional de varios autores (Fernández, et.al. 159). Los pasos a realizarse fueron los siguientes:

6.5.1.1.Registro de datos.

Se realizó previamente una pequeña investigación con trabajadores elegidos al azar para encontrar ciertos datos necesarios para la realización del análisis ergonómico. Los datos registrados se encuentran a continuación:

- Tareas existentes: 5 tareas o actividades principales:
 - Tapizado (16 trabajadores)
 - Cosido (6 costureras)
 - Cortado (3 cortadores)
 - Cojinería (4 trabajadores)
 - 2 Supervisores
- No existe un registro de lesiones debido a la ausencia de las mismas. Nunca se ha registrado una lesión importante en un trabajador.
- Incomodidad Actual: según los trabajadores se siente mucho frío en el área de tapizado debido a los ventiladores, en las mañanas es inaguantable el frío y por la misma razón los trabajadores se enferman de las vías respiratorias con mucha frecuencia. Hay problemas de espacio entre las unidades de trabajo debido a que las estaciones o mesas se encuentran muy unidas entre si.
- Duración de la jornada: 6 a 7 horas
- Edades de los trabajadores: los trabajadores se encuentran entre 25 y 30 años
- Años de experiencia: mínimo 5 años.
- No existe rotaciones, los turnos son diarios.

6.5.1.2. Observación y recorrido

Se realizó posteriormente la visita de observación durante la primera semana de enero, donde se recorrió el área de tapizado en general tomando notas de cualquier aspecto que pueda parecer preocupante. Se observó al trabajador en su estación para asimilar los tipos de actividades (tapizado, cortado, martillado, etc) que se realizan. Se puso atención en los movimientos de los trabajadores y las

posturas que adoptan al realizar determinadas actividades. Los datos registrados fueron los siguientes:

- Existe poco espacio para la tapicería del mueble, el espacio entre las mesas de trabajo queda corto en muchas ocasiones, sobretodo cuando se encuentran tapizando muebles grandes como sofás o sillones.
- La iluminación del puesto de trabajo es adecuada, cada estación posee su propia lámpara de neón con dirección directa a la mesa donde se realizan las actividades.
- Los accesos al área de trabajo son estrechos debido al escaso espacio que hay entre las estaciones de trabajo; cuando se deben ingresar muebles esto representa un problema.
- El ambiente no se encuentra tan contaminado como las áreas de carpintería y lacado, es decir, no se percibe en el área el olor a químicos de pintura o laca, ni se siente la picazón del tracto respiratorio debido a residuos de madera (lijado o cortado). Si se siente un poco de frío debido a los ventiladores.
- El ruido de la estación de trabajo no se encuentra elevado; se puede conversar tranquilamente sin necesidad de alzar la voz y también se puede escuchar la música de un radio que ambienta el lugar sin problema alguno.
- Los riesgos que corre el trabajador son mínimos: las cargas se realizan con protección lumbar; no existen riesgos de caída ni se trabajan con materiales peligrosos. Los únicos riesgos identificados son el de golpearse con el martillo al momento de clavar (no muy probable debido al diseño del martillo) y el de lastimarse la mano con la pistola de grapas (se requiere de un descuido catastrófico para que esto suceda).
- Los movimientos del trabajador no son bruscos en ningún momento y en el caso de requerir mover o voltear el mueble que se encuentra tapizando, lo hacen con cuidado o con ayuda de un compañero. Existe un problema al momento de clavar los muebles debido a que adoptan una inclinación que

puede afectar el área lumbar a largo plazo. El trabajo se lo realiza de pié y se tiene descansos para evitar la fatiga del trabajador.

6.5.1.3. Registro de las actividades

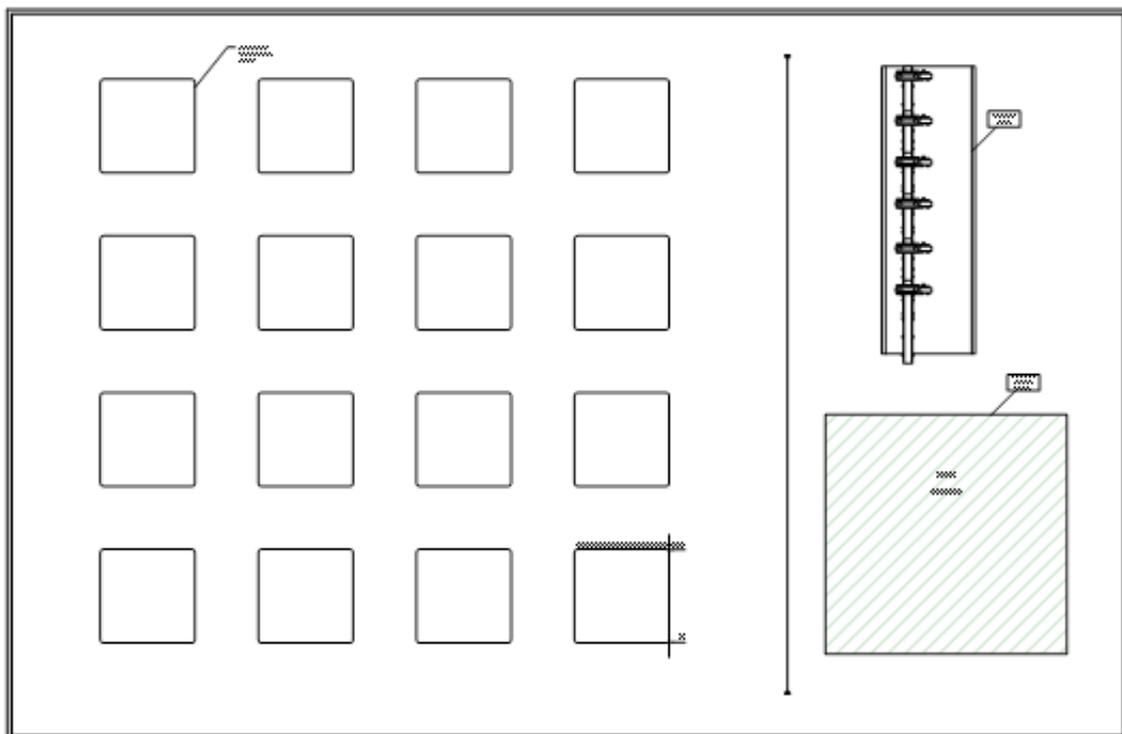
De forma visual se logró el registro de las actividades más representativas del área de tapizado, se empleó también la ayuda del supervisor para determinar la función de ciertas tareas difíciles de identificar. Se van a tomar en cuenta para el análisis a futuro solamente el área de tapicería mas no el resto de áreas (cortado, cojinería, costura) debido a que tapicería es el único lugar donde se trabajan con muebles. Las tareas se listan a continuación:

- Clavado del mueble con martillos y clavos especiales; el mango del martillo es de madera y la punta es pequeña. Los riesgos de dañar el mueble en esta actividad es con la caída accidental de la herramienta sobre partes lacadas del mueble.
- Rotación del mueble: en caso de ser necesario se deberá rotar al mueble para completar el tapizado o para obedecer a los estándares de tapizado de ciertos muebles. Los riesgos de dañar al mueble es cuando accidentalmente se suelta al mueble (no sucede a menudo pues se toman precauciones para mover el mueble y la estación de tapizado se encuentra forrada para prevenir el daño en caso de que esto suceda) o cuando por desorden y descuido se coloca al mueble sobre materiales olvidados sobre la mesa de trabajo (grapas, clavos, tachuelas, etc.).
- Grapado: Se emplea una pistola de grapas para grapar telas a la superficie del mueble. El riesgo de dañar el mueble es cuando las grapas que se desprenden quedan sobre la superficie de la mesa de trabajo, raspando al mueble en caso de que este se mueva sobre la grapa olvidada.
- Limpieza: se realiza una limpieza del mueble para eliminar polvo o residuos de la superficie. En este proceso no se corre ningún riesgo.

6.5.1.4. Medición del trabajador y estación de trabajo.

Se han elaborado gráficos para poder visualizar los resultados de la medición del trabajo; también se puede visualizar el Anexo 13 donde se encuentran fotos de la estación de trabajo. El gráfico 37 es un layout del área de tapizado, donde se puede notar todas las áreas de la estación; se va a enfocar solamente al lado derecho que corresponde a tapizado

Gráfica 37: Layout del área de tapizado.



Fuente: MS Visio®

Realización: Propia

En la gráfica se puede observar las 16 estaciones de tapizado que se encuentran distribuidas de manera uniforme, las medidas son listadas a continuación:

- Las mesas son cuadradas y miden 1.22 metros en cada lado.
- La altura de las mesas desde el piso es de 75 cm.
- La altura promedio del tapizador: 1.69 metros.
- Del nudillo al codo: 107 cm

- Del codo al ojo: 55 cm
- Distancia a alcance de objetos: 52 cm
- Ángulo de inclinación para clavado: +/- 25°
- Distancia entre estaciones de trabajo: 1.25 mts.

6.5.1.5.Evaluación y análisis.

Las distancias medidas en la estación de trabajo no son de preocuparse con la excepción de dos medidas que son la de distancia entre estaciones de trabajo y el ángulo de inclinación de los trabajadores al momento de clavar. Se debe generar una propuesta de valor que cambie estas medidas debido que son las que generan incomodidad a los trabajadores.

Respecto al ambiente del puesto de trabajo se debe poner atención a la temperatura ambiente del sitio debido a que genera incomodidad en el trabajador. Se deber realizar de igual manera una investigación más profunda para verificar si los problemas respiratorios frecuentes de los trabajadores se deben al frío que sufren o a residuos de polvo y químicos en el aire (en esta área no se trabaja con mascarilla).

El principal problema es el de incomodidad de los trabajadores debido al corto espacio que tienen entre estaciones de trabajo. Se debe solucionar este problema separando correctamente las mesas de trabajo tomando en cuenta que muchas veces los muebles que se tapizan son considerablemente más grandes que la mesa de trabajo.

7. Mejora del proceso de lacado.

Hasta el momento se ha realizado un análisis de los problemas críticos del área de lacado y mediante el diseño de experimentos y el análisis del puesto de trabajo, se pretendió llegar al fondo de dichos problemas para luego poder generar propuestas de valor a la empresa AHCORP que permitan mejorar la calidad de sus productos y reducir el costo de los mismos.

En la mejora del proceso de lacado se pretende en primera instancia analizar al proceso mediante una simulación, para poder examinar indicadores adicionales como tiempos y líneas de espera, trabajo en proceso, tiempos de ciclo; que permitirán visualizar de mejor manera al proceso (Kelton 34). La simulación será realizada sin los reprocesos que fueron mejorados mediante el diseño de experimentos, con el objetivo de verificar si existen soluciones adicionales para el problema: cumplimiento con tiempos de entrega, el cual fue la razón por la que se eligió como “CTQ” a los reprocesos.

Posterior a la simulación se presentará las propuestas de valor finales del proyecto de grado y una evaluación de la reducción de costos que se podría lograr en la empresa con la implementación de dichas propuestas.

Finalmente se presentará, de forma breve, recomendaciones para el correcto control y seguimiento de las mejoras propuestas, donde se proporcionarán tablas que servirán de guía al personal de AHCORP para la realización de esta actividad.

7.1. Simulación del proceso actual.

La simulación pretende analizar al proceso de lacado del mueble en AHCORP sin los reprocesos optimizados a través del diseño de experimento (masilla rechupada, igualado de color y falla de fábrica), para poder evidenciar si la eliminación de estos reprocesos críticos es suficiente para que las líneas de espera de los muebles se reduzcan (y estos puedan cumplir con sus tiempos de entrega) o es necesario incluir un mayor número de operarios en algún punto del proceso para explotar los cuellos de botella y volver al proceso más eficiente.

El propósito principal de la simulación es determinar el tiempo que toma el mueble en ser lacado (TIS: Tiempo que pasa el mueble en el proceso de lacado) y comparar con los tiempos de entrega reales, con el fin de evidenciar si con las mejoras propuestas (sin los reprocesos) se puede minimizar el tiempo de proceso del mueble y cumplir con los tiempos de entrega de los muebles sin retrasos.

7.1.1. Elección del tamaño de muestra.

La fábrica AHCORP produce más de 200 tipos de muebles, de diferentes clases, colores, acabados y estilos (sillas, mesas, camas, poltronas, etc.) (Muñoz). La variabilidad de los productos de la empresa representa un problema para la simulación debido a que tomaría demasiado tiempo obtener los datos de todos los productos. La fabricación del mueble sigue una política “kanaban”, donde los muebles que se agotan en las distribuidoras son solicitados a las oficinas donde se generan las órdenes de producción (Burbano); lo que hace aun más difícil la toma de datos debido a que no se sabe cuando será producido determinado tipo de mueble, ya que eso lo determina la demanda del mercado.

El hecho de que las órdenes de producción sigan la política “kanban”, nos da una oportunidad para reducir los muebles que deben ser analizados en la simulación debido a que la demanda de los clientes nos mostrará productos que son fabricados frecuentemente y otros que no; de la misma manera los productos que sean fabricados con mayor frecuencia representarán a los más vendidos, lo que beneficia a la empresa debido a que se trabajará la simulación tomando en cuenta sus “productos estrella”; este análisis es presentado más adelante dentro de la misma sección.

Lo que nos interesa simular requiere de los productos que comúnmente se encuentran dentro de la línea de producción, de esa manera, si determinamos con datos históricos de la empresa cuáles son estos productos, sabremos qué muebles deben ser medidos para simular la línea de lacado de AHCORP.

Para determinar los productos que deben ser analizados se empleó un detalle de la producción de muebles del período comprendido entre el 31 de agosto del 2010 y el 27 de septiembre del mismo año provista por la dirección de la empresa; de donde se extrajo en primer lugar la lista de productos que fueron fabricados en

dicho tiempo, posteriormente se contó las veces que cada mueble fue fabricado en el periodo de tiempo y finalmente se realizó un diagrama de Pareto para determinar el porcentaje de los muebles que son producidos con mayor frecuencia (80%), siguiendo el análisis del 80/20 explicado en el marco teórico. El resultado del conteo de muebles se puede observar en la tabla 20 a continuación:

Tabla 20: Detalle de muebles y su frecuencia de producción entre 31/ago/2010 - 27/sept/2010.

MUEBLE	FRECUENCIA	MUEBLE	FRECUENCIA	MUEBLE	FRECUENCIA
Aparador Manhattan	12	Entertainment Chocolate	6	Ottoman caramelo	5
Aparador chocolate	14	Espejo Manhattan	7	Ottoman catalán	7
Aparador zen	9	Espejo noa	13	Poltrona avignon	28
Aparador noa	36	Librero Chocolate	24	Poltrona catalán	64
Bar avignon	12	Librero Café	19	Poltrona chocolate	30
Bar Manhattan	7	Librero Noa	16	Poltrona noa	72
Bar noa	25	Mesa auxiliar caramelo	6	Poltrona soho	12
Bench catalán	11	Mesa auxiliar catalán	14	Silla catalán	62
Cama aitk	6	Mesa central redonda	35	Silla chocolate	28
Cama catalán	28	Mesa central coco	19	Silla de bar noa	40
Cama chocolate	11	Mesa central cuadrada	42	Silla de comedor	84
Cama nest	4	Mesa de comedor noa	34	Silla noa	58
Cama zen	5	Mesa de encarrar zen	4	Sillas caramelo	20
Chaise catalán	6	Mesa de hall luxor	2	Sofá catalán	13
Chaise metropolitán	10	Mesa de hall Manhattan	6	Sofá soho	16
Cocktail chocolate	13	Mesa de juego	3	Sofá vienna	17
Comedor chocolate	6	Mesa redonda	16	Tiraderas pweter	4
Consola chocolate	5	Modesty sirena	3	Velador avignon	14
Consola Manhattan	8	Modular caramelo	6	Velador black & white	8
Consola zen	10	Modular catalán	21	Velador nest	4
Day bed chocolate	3	Modular noa	19	Velador zen	16
Dresser nest	4	Modular toc	5		

Fuente: AHCORP

Realización: Propia

Se puede observar que la lista de productos es bastante grande y sería absurdo medir cada uno de estos muebles. Para encontrar el 80% de muebles que son fabricados con mayor frecuencia se realizó un diagrama de Pareto (ver Gráfica 38).

Tabla 21: Detalle de muebles agrupados con su frecuencia acumulada.

MUEBLE	FRECUENCIA
Aparador	71
Bar	44
Bench	11
Cama	54
Chaise	16
Cocktail	13
Comedor	6
Consola	23
Librero	59
Day bed	3
Dresser	4
Entertainment	6
Espejo	20
Mesa auxiliar	20
Mesa de hall	8
Mesa central	96
Mesa de Comedor	34
Mesa de juego	3
Modesty	3
Modular	51
Ottoman	12
Poltrona	206
Silla tipo clásica	252
Silla de bar	40
Sofá	46
Tiraderas	4
Velador	42

Fuente: AHCORP

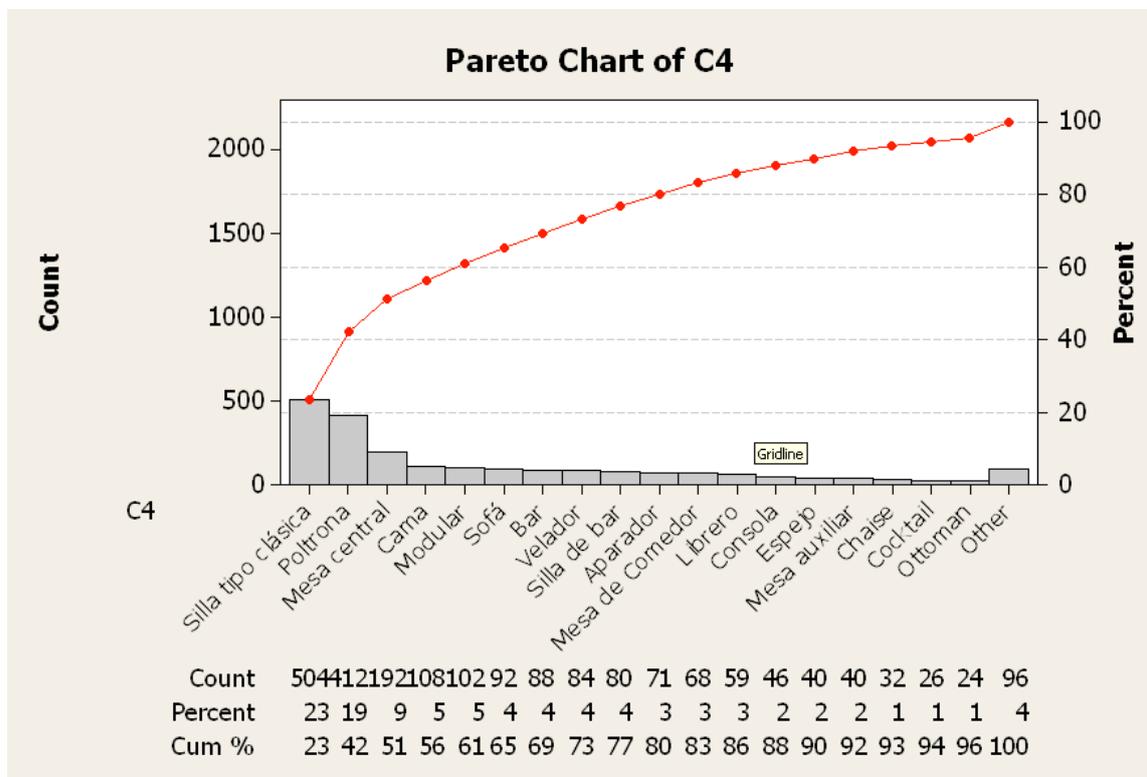
Realización: Propia

A continuación se va a realizar el diagrama de Pareto (Gráfica 39) para determinar de ésta lista de grupos de muebles cuáles representan el 80% de productos fabricados con mayor frecuencia.

De la gráfica de Pareto se obtiene finalmente la lista de muebles que deberán ser medidos, se los observa en la tabla 22.

En la tabla 22 se detallan los muebles que participarán en la toma de tiempos que se va a realizar en la empresa. En la misma gráfica se han incluido el porcentaje acumulado de cada uno para demostrar que corresponden al 80%. Se ha incluido la mesa de comedor y el librero debido a que son considerados muebles importantes para la empresa debido a que no se fabrican en cantidades muy grandes pero su volumen de venta por su costo representan un ingreso importante a la empresa (Burbano).

Gráfica 39: Gráfica de Pareto para los grupos de muebles con frecuencia acumulada.



Fuente: AHCORP

Realización: Propia

Tabla 22: Detalle de muebles que van a ser medidos con su frecuencia acumulada y tiempos estimados.

MUEBLE	FRECUENCIA	% ACUM	
Silla tipo clásica	252	23	23
Poltrona	206	19	42
Mesa Central	96	9	51
Cama	54	5	56
Modular	51	5	61
Sofá	46	4	65
Bar	44	4	69
Velador	42	4	73
Silla de bar	40	4	77
Aparador	71	3	80
Mesa de comedor	34	3	83
Librero	59	3	86

Fuente: AHCORP

Realización: Propia

7.1.2. Medición de los datos

Habiendo delimitado el grupo de muebles que van a ser sujetos a medición, se debe proceder a continuación a determinar el número de datos que deberán ser recolectados de cada uno de los mencionados grupos de muebles. Para ello se va a utilizar la fórmula para el cálculo del número de muestra “n”, donde se va a emplear datos obtenidos previamente respecto a los tiempos de proceso de cada tipo de mueble. De dicha información se obtuvo una media y desviación estándar para poder aplicar la ecuación 2. Se empleó para la misma ecuación un valor $\alpha = 0.05$ para lo cual se obtuvo el valor del punto porcentual superior de la distribución normal estándar ($Z_{(0.05)}$) igual a “1.96” y finalmente el error (%error) que varía del 1% al 10% acorde al tamaño de los datos (para datos pequeños el error aumenta por que la precisión es mayor y viceversa) elegido cuidadosamente con supervisores de AHCORP. Con los datos reunidos se puede resolver la ecuación 2 para obtener un valor del tamaño de muestra para la prueba piloto (n_0) que es un número de muestra preliminar. El último paso es emplear la ecuación 3 para determinar el número de muestra definitivo para una población finita (N población) de 615 muebles mensuales (promedio). El resultado final será el tamaño de muestra “n” que debe ser recolectado para obtener un porcentaje de error máximo determinado, de modo que no afecte a los resultados de la simulación. Los datos y el cálculo de “n” se pueden observar en el anexo 14 y en la tabla 23 se puede ver un ejemplo para el mueble tipo aparador.

Se puede observar que el tamaño de muestra varía para cada proceso de cada mueble, por lo que se acordó con la dirección de AHCORP fijar como tamaño de muestra general al valor “n” máximo de todos los tiempo de proceso. Este valor será de 35 datos por cada grupo de muebles y se lo puede observar al final de la tabla del anexo 14.

Tabla 23: Cálculo del tamaño de muestra para la simulación a partir de datos históricos de producción.

Aparador						
TINTE	IGUALADO	SELLADO	LIJADO	RETOQUE	LACADO	
25.23	24.19	13.02	139.5	66.34	25.4	
24.51	30.03	12.43	135.41	69.25	26.29	
24.5	26.16	11.22	129.54	68.21	29.36	
23.31	25.02	13.01	142.52	62.34	25.18	
25.46	28.43	11.32	131.33	60.35	27	
24.23	28.05	13.42	132.56	63.46	28.03	
24.08	27.11	12.15	135.32	60.19	26.26	
25.04	28.38	14.11	134.46	63.47	27.14	
27.45	27.03	12.18	133.36	66.4	26.34	
26.18	28.13	13.17	135.43	63.13	29.26	
28.11	27.28	11.51	133.24	59.36	28.25	
26.21	29.47	12.44	131.26	69.09	24.58	
27.32	25.58	16.52	133.27	64.4	26.06	
24.45	31.21	13.17	142.58	68.37	29.08	
25.45	25.33	12.58	135.24	63.5	27.25	
25.07	27.4	13.29	141.53	63.24	29.06	
26.08	28.08	13.58	139.48	62.54	28.02	
24.41	24.12	11.12	129.36	65.38	29.09	
27.02	26.34	11.5	132.16	64.21	27.51	
26.54	24.57	14.02	134.23	66.19	27.05	
28.04	25.46	13.58	133.37	71.24	28.53	
26.37	24.34	12.43	139.54	64.51	26.47	
29.47	24.46	13.12	138.25	58.59	28.31	
25.50	25.31	12.49	133.54	67.28	24.53	
29.26	24.37	11.47	137.54	67.05	27.21	
25.05	28.34	14.48	134.01	62.38	29.54	
26.38	24.41	11.19	135.36	73.57	31.14	
27.32	23.26	12.29	137.04	70.13	29.26	
29.23	24.25	15.41	133.24	62.35	30.3	
28.16	26.21	11.01	132.4	60.37	31.08	
25.58	24.36	12.36	131.49	65.6	29.57	
25.06	28.38	13.04	135.35	65.34	30.29	
28.42	27.12	11.17	130.06	62.32	26.43	
27.68	24.51	13.36	137.22	66.32	27.11	
29.58	30.02	14.46	131.43	62.13	25.09	
Media	26.23	26.33	12.67	134.82	64.64	27.63
Desv. Estand.	1.714	2.056	1.272	3.523	3.461	1.802
% Error	3%	3%	4%	1%	2%	3%
Error * Media	0.79	0.79	0.51	1.35	1.29	0.83
$Z_{(0.05)}$	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
n_0 (muestra piloto)	18	26	24	26	28	18
N (población)	615	615	615	615	615	615
"n" (muestra)	18	25	23	25	26	18

Fuente: AHCORP

Realización: Propia

La recolección de los datos se realizó de manera aleatoria con la ayuda del supervisor de lacado Miguel Muñoz. Para la toma de datos se siguió un solo protocolo para evitar variabilidad. El levantamiento de información fue realizado entre los meses de diciembre 2010 a febrero 2011. Los datos se los puede encontrar adjuntos en tablas en el anexo 14. Cabe recalcar que los datos tomados para el análisis del tamaño de muestra son los mismos que serán usados para la simulación debido a que son suficientes y cumplen con el tamaño de muestra establecido.

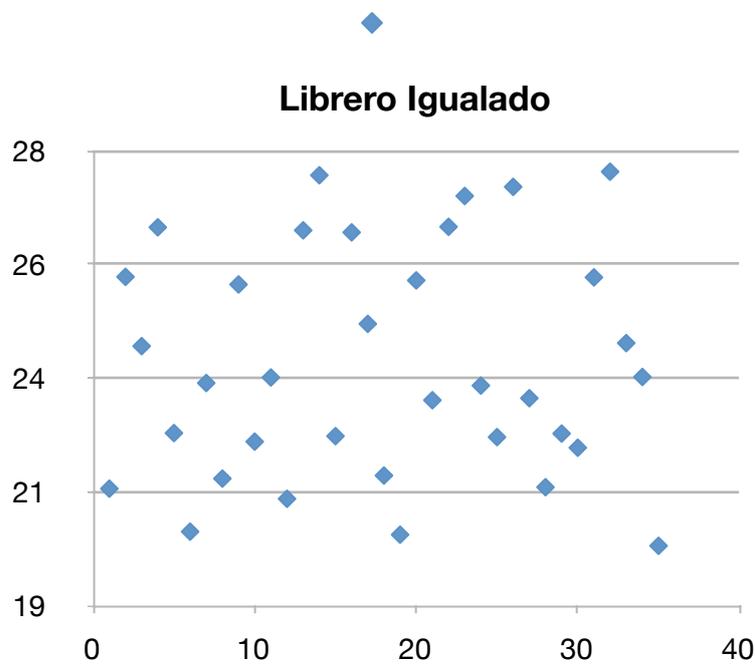
Dichos datos fueron analizados con la ayuda de una herramienta llamada Input Analyzer® del software Rockwell Arena®, donde se puede ingresar la corrida de datos tomada en la empresa y se tendrá un output de la distribución que dichos datos siguen con su error estándar. Este output será muy valioso para la parte de la construcción del modelo donde se tenga que ingresar los tiempos de proceso de cada mueble en cada etapa, donde se podrá simplemente ingresar la distribución obtenida de la que el programa generará números aleatorios para la corrida del modelo.

En el análisis de las distribuciones obtenidas de los datos en el Input Analyzer®, desplegados en el anexo 15, se puede observar que existen algunas distribuciones normales, las cuales deberán ser truncadas como se lo explica en la sección 2.5 del marco teórico. El truncamiento se lo realizó en el software Arena®, utilizando la herramienta “Build Expression”, donde permite ingresar la función de truncamiento para la distribución normal.

Para verificar que se cumplan los supuestos de aleatoriedad e independencia de los datos de entrada, se procedió a verificar mediante diagramas de dispersión que los datos no muestren ninguna tendencia, y que por lo tanto cumplan con los supuestos necesarios para que los resultados del análisis sean válidos. Debido a que los datos fueron tomados por los supervisores de AHCORP por disposición de la empresa, algunos set de datos muestran cierta tendencia que no permite que se cumpla el supuesto de aleatoriedad. Este inconveniente fue comunicado a la empresa la cual decidió correr los riesgos y continuar con el empleo de dichos datos en el modelo de simulación. Una muestra de dos gráficas, una que muestra

aleatoriedad y una que no, se muestran en las gráficas 40 y 41. El resto de diagramas de dispersión se los puede encontrar en el anexo 22.

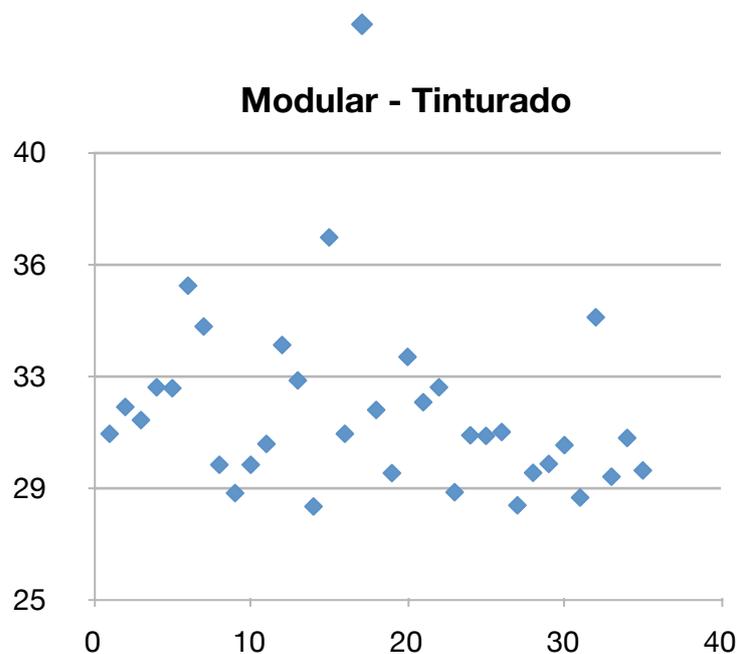
Gráfica 40: Diagrama de dispersión aleatoria para el librero en el proceso de igualado de color.



Fuente: AHCORP

Realización: Propia

Gráfica 41: Diagrama de dispersión no aleatoria para el modular en el proceso de tinturado.



Fuente: AHCORP

Realización: Propia

7.1.3.Realización del modelo

El modelo se lo realizó con la ayuda del software Rockwell Arena®, donde se diseñó en primera instancia la arquitectura del modelo tomando en cuenta todos los aspectos del proceso de lacado. Para esta fase se procedió a revisar los diagramas de proceso en conjunto con visitas para saber de manera exacta que se hace en cada etapa del proceso de lacado.

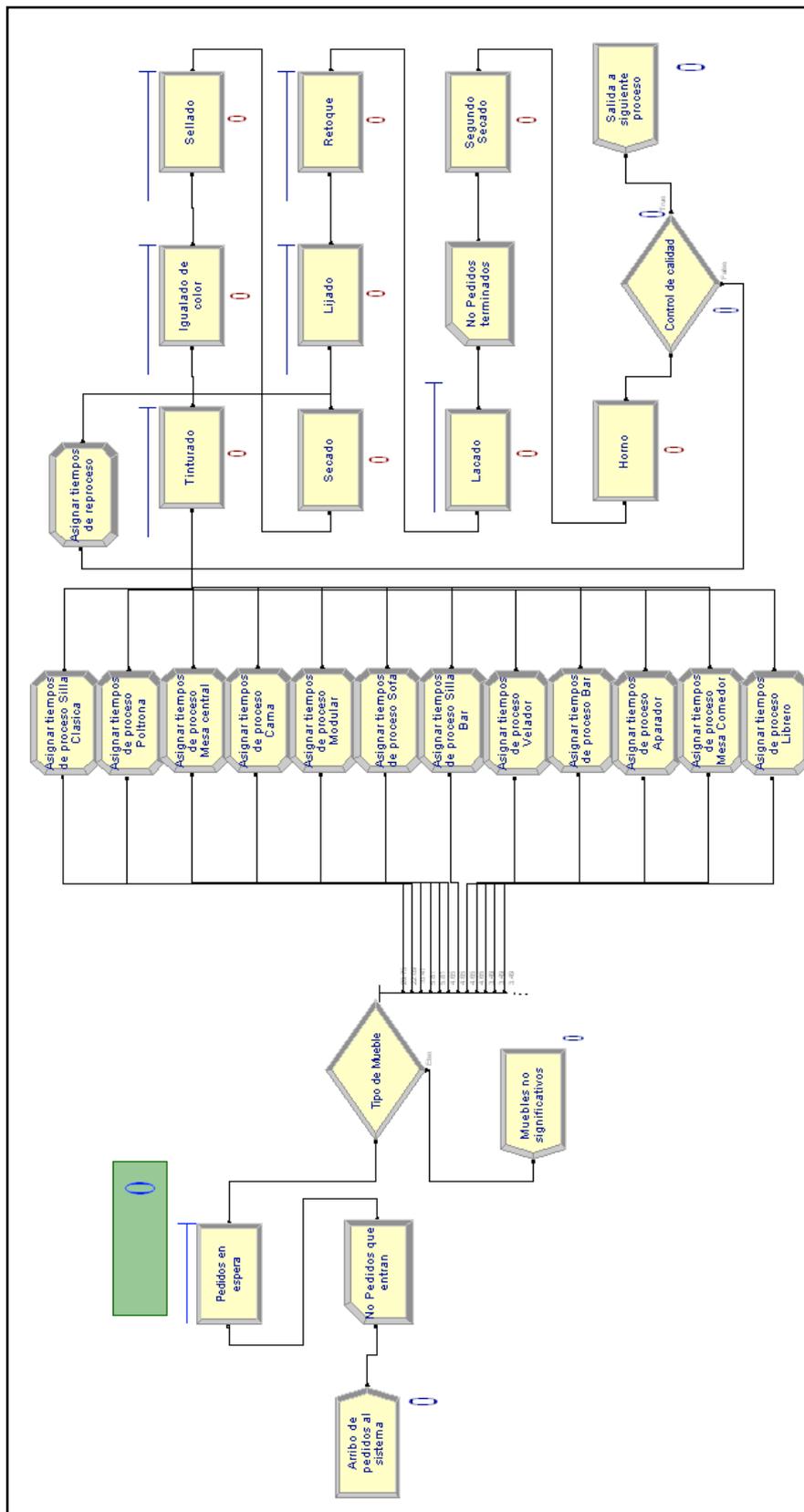
La información recogida fue:

- Tiempos entre arribos: se midió el tiempo que existe entre cada arribo de cada mueble al proceso de lacado para poder obtener la distribución que siguen los datos de entrada del proceso. Para estos datos se siguió el procedimiento de tamaño de muestra utilizado previamente. Los datos y cálculos de “n” se puede observar en el anexo 16.
- Etapas del proceso: Tinturado, igualado de color, sellado, primer secado, lijado, retoque, lacado, segundo secado y secado en horno.
Hay que tomar en cuenta que existen etapas no significativas para la simulación por que son procesos que se realizan con reducida frecuencia como aplicación de materiales especiales a la madera.
- Etapas del reproceso: El reproceso que se tomará en cuenta en la simulación es el reproceso estándar del área de lacado, el cual es el reproceso local que consiste en: Lijado, retoque, lacado, segundo secado, secado en horno.
Los reprocesos analizados y mejorados previamente en el trabajo de tesis van a ser excluidos del análisis porque lo que se pretende con la simulación es verificar si con las mejoras realizadas, los tiempos de lacado estándar se van a cumplir, caso contrario se requerirán tomar otras medidas.
- Número de trabajadores en el área de lacado:
 - Tinturadores: 4
 - Igualadores: 2
 - Selladores: 2

- Lijadores: 9
 - Retocadores: 4
 - Lacadores: 2
 - Personal del Horno: 1
- Se observó que los muebles entran al lacado desde un inventario en proceso que viene desde el proceso anterior de carpintería. Las órdenes de producción de muebles obedecen a un sistema “Kanban” donde la política es producir lo que se va consumiendo en los almacenes distribuidores. De esa manera se recolectan reportes de dichos almacenes con los productos que han sido vendidos mensualmente y sus cantidades, se genera un análisis de todos los distribuidores por separado y se generan las órdenes de producción que van a la fábrica AHCORP para ser programadas. Los muebles producidos son entregados a los almacenes que lo solicitaron, para poder abastecerse y cumplir con su política de reorden de productos establecida.
- Esto quiere decir que el input del proceso de tinturado va a ser un inventario en proceso, lo cual elimina la línea de espera en dicho proceso.

Con la información detallada se comenzó a diseñar el modelo, se cuidó que sea lo más semejante a la realidad, para que los resultados sean significativos. El modelo se lo puede ver a continuación en la gráfica 42.

Gráfica 42: Arquitectura del modelo de simulación.



7.1.3.1. Detalle del modelo

Se van a usar en este desarrollo palabras que son específicas del software Arena®. Su definición se la puede encontrar en el glosario de términos al final del documento.

El modelo nace con un módulo “Create”, que crea las entidades (pedidos) sin diferenciarlos por tipo de mueble, lo cual se hará más adelante. En el módulo se definió el tiempo de llegada obtenido de la distribución de los datos correspondientes a tiempos entre arribos.

Como se necesita que el input del proceso de tinturado sea un inventario en proceso, entonces se procedió a crear uno llamado “pedidos en espera” con el módulo “Hold”. Este módulo retiene a las entidades hasta que se cumpla con la condición de el número de pintores ocupados (current number busy) sea igual o menor a 3 (debido a que el módulo de tinturado tiene capacidad de 4 pintores). El momento en el que la condición se cumple y un pintor acaba su trabajo, el módulo “hold” liberará una unidad de los pedidos en espera y de esa manera los pintores estarán siempre ocupados hasta que el inventario en proceso se reduzca a cero.

Las entidades que salen desde el “hold” hacia el tinturado para empezar a ser procesadas, deben pasar primero por dos módulos que categorizarán a la entidad y dirán si el mueble va a ser una cama o sofá o cualquier otro mueble que participa en el modelo. Para lograr esto se empleó un módulo “decide” llamado “tipo de mueble”, el cual otorga acorde a un porcentaje (obtenidos de datos históricos otorgados por la dirección de AHCORP) la categoría de tipo de mueble a la entidad:

- El 26.74% de las veces será una silla
- El 22.09% de las veces será una poltrona
- El 10.47% de las veces será una mesa central
- El 5.81% de las veces será una cama
- El 5.81% de las veces será un modular

- El 4.65% de las veces será un sofá
- El 4.65% de las veces será una silla de bar
- El 4.65% de las veces será un velador
- El 4.65% de las veces será un bar
- El 3.49% de las veces será un aparador
- El 3.49% de las veces será una mesa de comedor
- El 3.49% de las veces será un librero

Los muebles pasaran a continuación por un modelo "Assign", que acorde al porcentaje en el que hayan caído será el que asigne los tiempos de proceso del mueble que corresponda. En el "assign" se fijará: el tipo de entidad (silla, poltrona, mesa, etc.), tiempo de tinturado, tiempo de igualado de color, tiempo de sellado, tiempo del primer secado, tiempo del lijado, tiempo del retocado, tiempo de lacado, tiempo del segundo secado y adicionalmente un contador que fija un cronómetro que empieza ese momento a correr y se detendrá al final del proceso entregando el tiempo de proceso de la entidad. Los tiempos asignados serán números aleatorios generados por el software a partir de distribuciones fijadas en el modelo "assign" que son el output de los datos tomados en la empresa.

Habiendo ya asignado todos los valores necesarios para cada proceso la entidad ya categorizada pasará por cada uno de los módulos "process" que representan a cada etapa del proceso de lacado. Cada módulo posee al recurso pertinente en la cantidad real, es decir, el proceso de tinturado por ejemplo tendrá como recurso a tinturadores con capacidad cuatro, por que hay cuatro tinturadores. El módulo del proceso de horno solo es un "delay" que significa demora debido a que ahí no se procesa al mueble sino solo se lo deja secar por 30 minutos.

Al final del proceso de producción se encuentra una etapa de control de calidad, donde habrá otro módulo "decide" que acorde a un nuevo porcentaje fijado acorde a información histórica, asignará el evento de que el mueble salió del proceso con calidad óptima o que el mueble necesita un reproceso. En el evento de que el

mueble tenga calidad óptima, éste irá a un módulo “dispose” donde saldrá del sistema; en el caso de que la entidad no tenga calidad óptima y necesite un reproceso, irá directamente a otro módulo “assign” donde se le asignarán los tiempos de reproceso pertinentes y será posteriormente ingresado directamente al proceso de lijado, donde comienza el reproceso estándar de AHCORP.

A lo largo del modelo existen dos módulos “record” llamados “No. de pedidos que entran” y “No. de pedidos terminados”, que contabilizarán a los muebles que entran y que se terminan de fabricar respectivamente. Los valores registrados por el módulo serán de utilidad cuando se realice la comparación del modelo actual con modelos optimizados.

Al final todas las entidades que han recorrido el modelo de simulación, llegarán a un módulo “dispose” donde se almacenan los muebles que han salido del sistema hacia el siguiente proceso de producción.

7.1.3.2. Parámetros de las corridas (Run Setup)

El “run setup” es un menú del software de simulación Arena® que permite establecer los parámetros bajo los cuales se va a realizar las corridas del experimento (Kelton 68). En el menú se establecieron las características del modelo:

- Duración de la replicación: se estableció como 5 días, de esa manera se puede simular la producción del proceso de lacado semanal. Se eligió una semana porque en AHCORP se tiene normalmente 5 días de producción y el sexto (sábado) se lo utiliza para realizar mantenimiento de la planta y para terminar las órdenes no cumplidas en el período semanal concluido. Cabe recalcar que el horario del sexto día es incompleto debido a que se trabaja solo hasta el medio día y se ingresa más tarde de lo habitual.
- Se fijó las horas de trabajo diarias como 7.75 (horas laborables), debido a que el horario de trabajo empieza a las 7am y concluye a las 3:30 pm, a lo que hay que descontar el almuerzo (30 min) y un descanso (15 min).

- Se fijaron 20 replicaciones base para la prueba piloto. Con los resultados de la prueba piloto se podrá calcular el número de replicaciones óptimo.
- La simulación es de terminación definida, mas no de estado estable. La simulación sigue hasta que acaba de correr el reloj que sigue el intervalo de simulación definido (5 días de 7.75 horas cada uno).
- Se obtuvo un output de la variable “tiempo en proceso” para cada entidad, debido a que es la más significativa para el análisis de resultados del modelo actual. Con este output se podrá hacer el cálculo posterior del número de replicaciones necesarias para que los resultados sean significativos.

Los resultados del output se los puede ver en la tabla 24 junto con el cálculo del número de replicaciones " n " para cada tipo de mueble. El número de replicaciones óptimo para el modelo será el valor máximo de todos los " n " obtenidos (en la tabla 24 resaltado). La fórmula utilizada para el cálculo del número de replicaciones fue solamente la de la ecuación 2, debido a que se trata de una población infinita.

Se realiza el cálculo del número de replicaciones “ n ” tomando en cuenta los tiempos de proceso de cada mueble. No se utiliza para el cálculo un promedio de tiempos en sistema de todos los muebles debido a que existe bastante diferencia entre los tiempos de proceso de cada mueble.

La hipótesis para el cálculo del número de replicaciones asume que cada promedio de cada replicación proviene de distribuciones independientes, por lo que la suma de dichas variables es aproximadamente normal sin importar cuáles sean las distribuciones de las variables individuales (teorema de límite central) (Montgomery 68).

Tabla 24: Cálculo del número de replicaciones para la simulación a partir del output del TIS.

Rep. No	TIS											
	Aparador	Bar	Cama	Librero	Mesa Central	Mesa	Modular	Poltrona	Silla Bar	Silla clásica	Sofá	Velador
1	593.19	511.90	542.44	756.92	433.98	562.72	533.52	283.51	321.28	267.03	435.24	527.42
2	615.97	536.92	634.75	692.3	447.73	624.10	531.11	309.64	355.03	305.83	479.41	522.77
3	616.79	602.28	628.20	851.76	517.38	643.53	636.29	370.87	401.07	362.42	467.87	605.87
4	562.45	448.53	527.58	636.13	373.76	511.75	482.68	214.62	224.29	193.10	354.79	436.44
5	550.73	480.36	525.56	629.92	399.28	580.71	522.99	224.94	262.89	215.93	375.16	474.82
6	643.43	556.90	568.28	711.6	424.97	629.97	558.87	283.51	266.50	297.65	441.29	484.48
7	638.42	543.97	655.54	706.34	451.03	609.81	618.81	321.13	373.69	321.10	502.56	558.61
8	640.69	567.96	591.70	792.55	507.07	664.02	624.55	341.07	379.19	325.86	462.74	532.64
9	574.71	489.87	609.99	696.39	418.04	567.34	542.83	261.90	334.15	254.96	411.05	504.63
10	602.79	521.58	583.15	658.18	421.71	616.44	536.04	280.44	352.11	262.93	442.73	517.33
11	553.73	444.11	516.08	680.1	391.66	540.72	506.84	216.67	260.12	206.30	404.32	484.57
12	614.85	502.43	563.28	671.11	434.95	561.03	568.89	281.35	349.57	276.79	471.79	519.50
13	612.46	473.39	558.85	644.03	374.79	582.36	530.58	226.52	271.00	215.18	401.46	453.12
14	621.97	522.74	626.17	697.39	419.73	559.78	587.19	308.50	354.13	302.19	478.23	492.99
15	688.94	534.63	603.45	689.05	488.82	664.38	593.30	344.41	341.72	320.24	545.40	515.76
16	734.79	549.08	631.25	748.15	502.54	610.85	667.77	370.25	365.67	364.63	533.20	591.11
17	543.39	491.19	566.72	642.61	397.21	535.08	565.35	251.15	264.29	235.89	389.67	448.10
18	756.47	687.38	769.01	841.42	650.83	725.23	747.03	496.97	478.58	484.19	553.29	638.21
19	575.75	489.52	526.07	637.30	382.86	540.57	518.25	241.94	262.44	221.00	397.91	475.72
20	588.00	475.73	594.20	667.23	420.86	552.45	523.30	244.31	286.38	241.72	394.71	512.85
Media	611.81	516.32	586.03	697.24	435.38	589.75	563.75	281.03	516.32	269.90	440.36	510.10
Desv. Estan.	57.20	56.17	58.94	65.21	65.23	53.65	63.50	68.47	56.17	69.41	57.26	52.20

% Error	1.6%	2%	2%	1.6%	2.6%	1.6%	2%	4.5%	2%	5%	2.5%	2%
Error * Media	9.85	10.33	11.72	11.23	11.32	9.44	11.28	12.65	10.33	13.50	11.01	10.20
$Z_{(0.05)}$	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
"n" (# replications)	130	114	97	130	128	124	122	113	114	102	104	101

Fuente: Arena®

Realización: Propia

El valor final del número de replicaciones óptimo para un error que varía entre el 2% y el 5% es: *130 replicaciones*, que deben ser fijadas en el menú “run setup” para la corrida final del modelo.

7.2. Resultados

Después de haber corrido el modelo con los parámetros establecidos, se ha pedido al software Arena® que entregue un resumen de los indicadores principales del modelo en una hoja llamada “Category Overview”, la cual entrega el resumen del resultado de las 130 replicaciones corridas. El informe completo (Category Overview) se presenta en el anexo 17.

A continuación se realizará un análisis del output obtenido de la simulación:

➔ Tiempos de proceso por entidad en el lacado.

- Para el mueble “aparador” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 619.52 minutos: 10.33 horas, lo cual es un valor muy elevado en relación al valor estándar de AHCORP de 8.5 horas.
- Para el mueble “bar” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 521.14 minutos: 8.69 horas, lo cual es un valor muy elevado en relación al valor estándar de AHCORP de 6.75 horas.
- Para el mueble “cama” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 587.23 minutos: 9.79 horas, lo cual es un valor muy elevado en relación al valor estándar de AHCORP de 8 horas.
- Para el mueble “librero” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 692.92 minutos: 11.55 horas, lo cual es un valor muy elevado en relación al valor estándar de AHCORP de 9.75 horas.
- Para el mueble “mesa central” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 434.72 minutos: 7.25 horas, lo cual es un valor muy elevado en relación al valor estándar de AHCORP de 5.15 horas.
- Para el mueble “mesa de comedor” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 596.62 minutos: 9.94 horas, lo cual es un valor muy elevado en relación al valor estándar de AHCORP de 8 horas.

- Para el mueble “modular” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 572.58 minutos: 9.54 horas, lo cual es un valor muy elevado en relación al valor estándar de AHCORP de 7.5 horas.
- Para el mueble “poltrona” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 292.6 minutos: 4.88 horas, lo cual es un valor muy elevado en relación al valor estándar de AHCORP de 2.5 horas.
- Para el mueble “silla de bar” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 328.17 minutos: 5.47 horas, lo cual es un valor muy elevado en relación al valor estándar de AHCORP de 3.25 horas.
- Para el mueble “silla clásica” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 278.9 minutos: 4.65 horas, lo cual es un valor muy elevado en relación al valor estándar de AHCORP de 2.15 horas.
- Para el mueble “sofá” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 442.47 minutos: 7.37 horas, lo cual es un valor muy elevado en relación al valor estándar de AHCORP de 5.25 horas.
- Para el mueble “velador” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 516.95 minutos: 8.62 horas, lo cual es un valor muy elevado en relación al valor estándar de AHCORP de 6.5 horas.

➡ Tiempos de Espera

Los tiempos de espera se los muestra en la tabla 25.

Tabla 25: Tiempos de espera promedio.

Proceso	Tiempo de espera (queue)
Pedidos en espera (Tinturado)	49.51
Igualado de color	40.03
Sellado	1.19
Lijado	36.88
Retoque	10.90
Lacado	2.32

Fuente: Arena®

Realización: Propia

Los tiempos de espera promedio de las estaciones de tinturado, igualado de color y lijado, son mayores al resto de procesos y eso quiere decir que la estación tiene acumulación de producto o líneas de espera congestionadas. Esto podría ser una causa para que los tiempos de espera de los muebles sean superiores a los estándares expuestos en el punto anterior.

➔ Utilización de las estaciones de trabajo

La utilización de los trabajadores se muestra en la tabla 26.

Tabla 26: Utilización promedio de los recursos.

Recurso	% de utilización	Horas al día ocupados
Tinturador	94.52%	7.33
Igualador	94.63%	7.33
Sellador	54.73%	4.24
Lijador	88.18%	6.83
Retocador	76.19%	5.90
Lacador	49.73%	3.85

Fuente: Arena®

Realización: Propia

La utilización de los trabajadores de cada estación muestra el porcentaje de tiempo que están ocupados en el día. Las horas al día que pasan ocupados se obtiene de la multiplicación de las horas que se trabajan al día según el horario de trabajo (7.75) por la utilización promedio. Hay que tomar en cuenta que la utilización promedio es un parámetro medido en el grupo de trabajadores de una estación mas no a cada uno de ellos. En la tabla 26 se puede apreciar que existen estaciones que están ocupadas casi todo el día de trabajo, mientras que hay otras que se ocupan alrededor de la mitad del día. Las líneas de espera de cada estación están relacionadas con la utilización de las mismas, por la misma razón, las estaciones que tienen líneas de espera mayores son las que tienen una utilización mayor y viceversa. Como las líneas de espera representan una acumulación de muebles, las estaciones que van después de las que poseen acumulación (tinturado, igualado, lijado) no reciben un flujo continuo de unidades y están sujetas a la velocidad de procesamiento de las estaciones “cuello de botella”. Para poder “explotar” u optimizar las estaciones cuello de botella se debe aumentar la capacidad de procesamiento de la misma, ya sea aumentando el personal que trabaja en ella o incrementando la velocidad de procesamiento. Un efecto de “explotar” las estaciones cuello de botella será la creación de un flujo más continuo, lo que hará que la utilización de el resto de estaciones incremente.

➔ Número de unidades terminadas

El número promedio de unidades terminadas se muestra en la tabla 27.

Tabla 27: Unidades terminadas (promedio).

Recurso	Pedidos
# Pedidos que entran	364
# Pedidos terminados	319
TOTAL	45

Fuente: Arena®

Realización: Propia

Los módulos “record” fueron colocados para determinar el número de entidades o muebles que entraban al proceso de lacado y el número de muebles o pedidos que fueron terminados en la semana. En AHCORP los muebles que no son terminados en la semana deben ser trabajados el día sábado, haciendo que los trabajadores alarguen sus horas de trabajo y poniendo en riesgo la planta debido a que no se puede realizar el mantenimiento de manera óptima. El resultado de muebles que en promedio deben ser trabajados el sábado según los resultados de la simulación son 45.

Se ha determinado hasta este punto las estaciones de trabajo “cuellos de botella”. Para poder mejorar estas estaciones se puede incrementar el personal o incrementar la velocidad de procesamiento. Debido a que incrementar la velocidad de procesamiento requiere de un estudio profundo y extenso de métodos y estándares, se va a optar por la optimización a través de el incremento de personal. Para determinar el número de personal que debe ser aumentado, se realizaron diferentes escenarios, incrementando simultáneamente el número de trabajadores en las estaciones cuello de botella y analizando los resultados obtenidos. Con efecto de lo expresado se corrieron pruebas con diferentes escenarios mostradas y analizadas a continuación.

7.3. Comparación entre los tres escenarios.

Se utilizó la herramienta “Process Analyzer®” del Rockwell Arena® para la realización de la comparación entre escenarios. En esta herramienta se pueden introducir los tres modelos (el actual y los dos propuestos) y evaluar las mejoras existentes en los parámetros de interés de manera directa. Existen gráficos de comparación en el anexo 18

Los escenarios se muestran en la tabla 28 a continuación:

Tabla 28: escenarios.

Nombre escenario	Número de trabajadores por proceso					
	Tinturadores	Igualadores	Selladores	Lijadores	Retocadores	Lacadores
Proceso Actual	4	2	2	9	4	2
Proceso Mejorado 1	5	3	2	10	4	2
Proceso Mejorado 2	5	3	2	11	5	2

Fuente: Arena®

Realización: Propia

Los resultados son los siguientes:

➔ Número de unidades terminadas.

El número de entidades que no se terminaron de procesar para cada escenario se puede ver en la tabla 29. Se observa que el escenario “proceso mejorado 2” posee el menor número de entidades que se deben procesar el sexto día de trabajo (14 unidades). El “proceso mejorado 1” tuvo 24 unidades. Hay que tomar en cuenta que el número de unidades faltantes puede ser simple de procesar o difícil, dependiendo de los tipos de muebles que se encuentren en el grupo. Si por ejemplo el grupo faltante esta lleno de sillas, sería mas simple de terminar de procesar debido a que las sillas tienen un tiempo de proceso bajo en promedio; caso contrario si en el grupo se encuentran libreros, camas u otros muebles con tiempos de proceso altos, el procesamiento no va a ser simple y las horas extras que se deberán trabajar el fin de semana serán mayores.

Tabla 29: Unidades terminadas (promedio) comparación de escenarios.

Recurso	Proceso Actual	Proceso Mejorado 1	Proceso Mejorado 2
# Pedidos que entran	364	364	364
# Pedidos terminados	319	341	350
TOTAL	45	24	14

Fuente: Process Analyzer®

Realización: Propia

1.

➔ Tiempos de espera en cola (Queue)

Los tiempos de espera para los escenarios se los muestra en la tabla 30.

Tabla 30: Tiempos de espera promedio para los escenarios.

Proceso	Tiempo promedio de espera en cola (minutos)		
	Proceso Actual	Proceso Mejorado 1	Proceso Mejorado 2
Pedidos en espera (Tinturado)	49.51	5.91	5.47
Igualado de color	40.03	3.23	3.14
Sellado	1.19	2.41	2.28
Lijado	36.88	26.05	9.17
Retoque	10.90	20.63	4.68
Lacado	2.32	2.44	3.37

Fuente: Arena®

Realización: Propia

- Con el aumento de una persona en el proceso de igualado de color se logra bajar el tiempo en la línea de espera a 3.23 y 3.14 minutos para los escenarios proceso mejorado 1 y 2 respectivamente. Esto es bueno debido a que se permite un mayor flujo de entidades en el sistema.

- Con el aumento de una persona en el proceso de tinturado se logra bajar el tiempo en cola del inventario en proceso llamado “pedidos en espera” a 5.91 y 5.47 minutos para los escenarios 2 y 3.
- Para el “proceso mejorado 1”, el tiempo en línea de espera aumenta a 20.63 minutos a consecuencia de que en este escenario todavía no se aumentaba un trabajador en retoque, porque el tiempo en línea de espera del “proceso actual” no lo justificaba. Debido al aumento del volumen de muebles que entran al proceso (efecto de aumentar personal en otros procesos), el tiempo en línea de espera se incrementó. Con el aumento de una persona en el proceso de retoque se logra bajar el tiempo en la línea de espera a 4.68 minutos para el “proceso mejorado 2”.
- Con el aumento de una persona en el proceso de lijado se logra bajar el tiempo en la línea de espera a 26.05 minutos para el “proceso mejorado 1”. Para el “proceso mejorado 2” se aumentó nuevamente una persona al proceso de lacado, con lo que se logra disminuir el tiempo en línea de espera a 9.17 minutos.

➡ Utilización de recursos

Los porcentajes de utilización promedio para los escenarios se los muestra en la tabla 31.

Tabla 31: Porcentaje de utilización promedio para los escenarios.

Recurso	% de utilización					
	Proceso Actual	Hrs. Día ocupadas	Proceso Mejorado 1	Hrs. Día ocupadas	Proceso Mejorado 2	Hrs. Día ocupadas
Tinturador	94.52%	7.33	78.50%	6.08	78.18%	6.06
Igualador	94.63%	7.33	67.12%	5.20	66.96%	5.19
Sellador	54.73%	4.24	58.34%	4.52	57.89%	4.49
Lijador	88.18%	6.83	85.54%	6.63	78.61%	6.09
Retocador	76.19%	5.90	81.54%	6.32	66.87%	5.18
Lacador	49.73%	3.85	53.36%	4.14	54.67%	4.24

Fuente: Arena®

Realización: Propia

- La utilización de los pintores ha bajado a un nivel de 78% en el proceso mejorado 1 y 2. La utilización de los lijadores es similar entre el proceso actual y el proceso mejorado 1 (alrededor de 87%); en el “proceso mejorado 2” baja a un nivel de 78%. La utilización de los igualadores ha bajado a un nivel de 67% en el “proceso mejorado 1 y 2.
- La utilización de los retocadores sube hasta un nivel de 81% en el “proceso mejorado 1” debido a que el aumento de personal en otros procesos ha hecho que el proceso de retocado tenga un mayor volumen de entradas. En el “proceso mejorado 2” la utilización baja al 66%.
- En general con el aumento de personal y la explotación de las estaciones cuello de botella, se logra tener un flujo de unidades en el sistema más uniforme. Esto se puede relacionar con el evento de que la utilización de las estaciones tiende a estabilizarse. Debido a que las líneas de espera se han reducido, los trabajadores no están ocupados todo el tiempo. La utilización de las estaciones que tenían un flujo no uniforme de muebles ha crecido en pequeñas cantidades.

➡ Tiempos de proceso

Finalmente se analiza los tiempos de proceso para los escenarios 2 y 3, con miras a evaluar si se están cumpliendo con los tiempos estándar especificados por la dirección de AHCORP. Los tiempos se pueden observar también en la tabla 32.

• Proceso mejorado 1

- Para el mueble “aparador” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 564.52 minutos: 9.41 horas, lo cual es un valor elevado en relación al valor estándar de AHCORP de 8.5 horas.
- Para el mueble “bar” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 464.35 minutos: 7.74 horas, lo cual es un valor elevado en relación al valor estándar de AHCORP de 6.75 horas.
- Para el mueble “cama” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 532.43 minutos: 8.87 horas, lo cual es un valor elevado en relación al valor estándar de AHCORP de 8 horas.
- Para el mueble “librero” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 640.05 minutos: 10.67 horas, lo cual es un valor elevado en relación al valor estándar de AHCORP de 9.75 horas.
- Para el mueble “mesa central” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 363.51 minutos: 6.06 horas, lo cual es un valor elevado en relación al valor estándar de AHCORP de 5.15 horas.
- Para el mueble “mesa de comedor” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 541.34 minutos: 9 horas, lo cual es un valor elevado en relación al valor estándar de AHCORP de 8 horas.
- Para el mueble “modular” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 508.83 minutos: 8.48 horas, lo cual es un valor elevado en relación al valor estándar de AHCORP de 7.5 horas.

- Para el mueble “poltrona” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 213.29 minutos: 3.55 horas, lo cual es un valor elevado en relación al valor estándar de AHCORP de 2.5 horas.
 - Para el mueble “silla de bar” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 254.16 minutos: 4.24 horas, lo cual es un valor elevado en relación al valor estándar de AHCORP de 3.25 horas.
 - Para el mueble “silla clásica” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 198.97 minutos: 3.32 horas, lo cual es un valor elevado en relación al valor estándar de AHCORP de 2.15 horas.
 - Para el mueble “sofá” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 372.24 minutos: 6.2 horas, lo cual es un valor elevado en relación al valor estándar de AHCORP de 5.25 horas.
 - Para el mueble “velador” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 454.82 minutos: 7.58 horas, lo cual es un valor elevado en relación al valor estándar de AHCORP de 6.5 horas.
-
- Proceso mejorado 2
 - Para el mueble “aparador” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 534.84 minutos: 8.9 horas, lo cual es un valor aproximado en relación al valor estándar de AHCORP de 8.5 horas.
 - Para el mueble “bar” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 432 minutos: 7.2 horas, lo cual es un valor aproximado en relación al valor estándar de AHCORP de 6.75 horas.
 - Para el mueble “cama” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 504.95 minutos: 8.4 horas, lo cual es un valor aproximado en relación al valor estándar de AHCORP de 8 horas.

- Para el mueble “librero” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 613.38 minutos: 10.22 horas, lo cual es un valor aproximado en relación al valor estándar de AHCORP de 9.75 horas.
- Para el mueble “mesa central” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 333.11 minutos: 5.55 horas, lo cual es un valor aproximado en relación al valor estándar de AHCORP de 5.15 horas.
- Para el mueble “mesa de comedor” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 512.06 minutos: 8.5 horas, lo cual es un valor aproximado en relación al valor estándar de AHCORP de 8 horas.
- Para el mueble “modular” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 482.64 minutos: 8 horas, lo cual es un valor aproximado en relación al valor estándar de AHCORP de 7.5 horas.
- Para el mueble “poltrona” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 178.92 minutos: 3 horas, lo cual es un valor aproximado en relación al valor estándar de AHCORP de 2.5 horas.
- Para el mueble “silla de bar” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 221.34 minutos: 3.69 horas, lo cual es un valor aproximado en relación al valor estándar de AHCORP de 3.25 horas.
- Para el mueble “silla clásica” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 164.4 minutos: 2.7 horas, lo cual es un valor aproximado en relación al valor estándar de AHCORP de 2.15 horas.
- Para el mueble “sofá” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 340.47 minutos: 5.6 horas, lo cual es un valor aproximado en relación al valor estándar de AHCORP de 5.25 horas.
- Para el mueble “velador” se tuvo un tiempo total en proceso promedio de 423.8 minutos: 7 horas, lo cual es un valor aproximado en relación al valor estándar de AHCORP de 6.5 horas.

Tabla 32: Tiempos de proceso promedio para los escenarios.

Entidad (mueble)	Tiempos de proceso promedio			Tiempo estándar
	Proceso Actual	Proceso Mejorado 1	Proceso Mejorado 2	
Aparador	10.33	9.41	8.91	8.5
Bar	8.69	7.74	7.22	6.8
Cama	9.79	8.87	8.42	8.1
Librero	11.55	10.67	10.22	9.7
Mesa Central	7.25	6.06	5.55	5.1
Mesa Comedor	9.94	9.02	8.53	8.0
Modular	9.54	8.48	8.04	7.6
Poltrona	4.88	3.55	2.98	2.4
Silla Bar	5.47	4.24	3.69	3.2
Silla Clásica	4.65	3.32	2.74	2.1
Sofa	7.37	6.20	5.67	5.2
Velador	8.62	7.58	7.06	6.5

Fuente: Arena®

Realización: Propia

➔ Resultados de la comparación de escenarios.

- En general el “proceso mejorado 2” es el que demuestra tener los mejores indicadores para la empresa. Los tiempos de proceso de las entidades son en general aproximados a los estándares. Se deberá realizar un análisis costo-beneficio para determinar si la mejora es rentable, debido a que incorpora un aumento total de 5 trabajadores.
- El “proceso mejorado 1” demuestra tener buenos indicadores para la empresa, con excepción del tiempo en línea de espera y porcentaje de utilización en el proceso de retoque. Los tiempos de proceso de las

entidades son mayores a los estándares pero son considerados por la dirección de AHCORP como aceptables. Se deberá realizar un análisis costo-beneficio para determinar si la mejora es rentable, debido a que incorpora un aumento total de 3 trabajadores.

8. Resultados y Discusión

8.1. Propuesta de valor y análisis de reducción de costos.

Las propuestas de valor que serán entregadas a la dirección de AHCORP serán enumeradas a continuación, se adjuntará un análisis de rentabilidad para cada una de ellas. Para los valores de sueldos y horas suplementarias se utiliza el cálculo del anexo 19, que representan a datos reales que establecen las normativas salariales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.

➔ Cambio en el uso del tipo de masilla.

Los resultados del diseño experimental fueron claros respecto al tema de la calidad de la masilla. Se está usando actualmente en AHCORP la masilla tipo B para el masillado de huecos de determinado tamaño. Se ha demostrado que la calidad de la masilla tipo B hace que en casi todas las ocasiones se requiera de un reproceso para usar mayor cantidad de masilla y cubrir el efecto de rechupado. Con la masilla A se requiere de un reproceso en muy pocas ocasiones y los pocos reprocesos que se dan son originados en su mayoría por la mala aplicación por parte del personal.

La razón por la cual se utiliza la masilla tipo B es el costo reducido de la misma. Esta masilla es fabricada por el personal de AHCORP a partir de la mezcla de un costal de talco con un galón de nitrocelulosa, lo cual tiene un costo total de \$25 y rinde para el uso de un año aproximadamente. Por el otro lado la masilla tipo A es comprada en el mercado y tiene un costo aproximado de \$10 por empaque. El consumo de masilla tipo A es aproximadamente 15 empaques por mes, el consumo de masilla tipo B es aproximadamente 30 empaques al mes.

Se recomienda como primera propuesta de valor que se pare la utilización de la masilla tipo B para empezar a utilizar únicamente la masilla tipo A.

El costo de comprar una mayor cantidad de masilla A para cubrir la ausencia de la masilla B implicará una elevación mensual del costo en US\$ 294; pero también traerá una reducción del gasto destinado a reprocesos debido a que los

reprocesos debidos a la mala calidad de la masilla serán eliminados. Para el cálculo del ahorro en el gasto por los reprocesos de masilla se toma en cuenta el costo por hora extra, el número de trabajadores que intervienen en el reproceso y el número de horas promedio al mes que toma reprocesar el problema de las masillas obtenido de expertos de AHCORP; el total de costo ahorrado es de US\$ 324.24. Restando el costo de reprocesar el mueble del costo marginal por adquirir solo la masilla A de buena calidad es de US\$ 48.24 al mes, lo cual significa que la propuesta de valor es rentable. Éste análisis se lo puede evidenciar a continuación en la tabla 33.

Tabla 33: Análisis Costo-Beneficio para propuesta de valor tipo de masilla.

Costos de masilla actuales (v1)			
	Costo Unitario	Numero de tubos comprados por mes	Costo total
Masilla A (tubo de 550 ml)	US\$10.00	15	US\$150.00
Masilla B (tubo de 550 ml)	US\$0.20	30	US\$6.00
		SUMA	US\$156.00
Costos de masilla propuestos (v2)			
	Costos de masilla propuestos		
Masilla A (empaques)	US\$10.00	45	US\$450.00
T1: Costo marginal por adquirir solo masilla tipo A (v2 - v1)			US\$294

Costo hora extra suplementaria (a1)			US\$2.48
Número de trabajadores del proceso de lacado (a2)			23
Número de horas extras trabajadas al mes actualmente (a3)			6
T2: Total ahorro en disminución reprocesos por adquirir masilla tipo B (a1*a2*a3)			US\$342.24

Total ahorro (T2 - T1)			US\$48.24

Fuente: AHCORP

Realización: Propia

➡ Reubicación de las mesas de tapizado

La reubicación de las mesas de tapizado es la segunda propuesta de valor que se entregará a la dirección de AHCORP y sale del análisis del puesto de trabajo del área de tapizado. En el análisis se determinó que la causa principal para que se generen los golpes en el tapizado es el descuido de los trabajadores del área. La conclusión del análisis fue que los tapizadores se sienten incómodos con la distribución actual de las mesas de trabajo y requieren de mayor espacio para realizar su trabajo de forma adecuada. El espacio actual que existe entre las mesas de trabajo no es óptimo debido a que ciertos muebles sobrepasan el tamaño de la mesa e incomodan al trabajador, quitándole concentración y provocando que accidentalmente el tapizador golpee la madera lacada del mueble que se encuentra tapizando, generando el reproceso.

La propuesta es simple y requiere de una reubicación de las mesas de trabajo para tapizado. La distancia actual entre mesas es de 1.25 mts. Lo sugerido es que se logre distanciar las mesas 1.75 mts de cada lado. Las pruebas realizadas con mediciones de los muebles más grandes durante el tapizado demostraron que la distancia propuesta es suficiente.

Para lograr el distanciamiento de las mesas de trabajo se deberá realizar un gasto de mano de obra para desmontar las mesas, reubicarlas, crear espacio reubicando la barrera de malla metálica y adecuando el área de trabajo. Se ha estimado acorde a una proforma de un contratista, que se puede ver en el anexo 20, que el costo estimado para reubicar las mesas de trabajo es de \$US 1200.

Para analizar si la mejora es rentable se realizó un estudio del retorno de la inversión para lo se lo puede evidenciar a continuación en la tabla 34.

Tabla 34: Análisis Costo-Beneficio para propuesta de reubicación mesas de tapizado.

	Valores
Costo de reubicar el área de trabajo	US\$1,200.00
Costo hora extra suplementaria	US\$2.48
Número de trabajadores del proceso de lacado	23
Número de horas extras trabajadas al mes actualmente debido a reprocesos	4
Ahorro total mensual que se lograría debido a disminución de reprocesos de golpes en tapicería	US\$228.16
# de meses que toma recuperar la inversión	5.26

Fuente: AHCORP

Realización: Propia

El resultado expresa que se requieren de 5 meses y 8 días para recuperar la inversión realizada en reubicar las mesas de trabajo.

➔ Incremento del personal en el proceso de lacado.

A través del proceso de simulación se pudo concluir que pese a la reducción en reprocesos críticos (dejando a un lado los reprocesos locales), todavía no se podía cumplir con los estándares del proceso. Existían ciertos subprocesos (tinturado, lijado, igualado, retoque) cuyos índices mostraban problemas en sus resultados: tiempos de proceso de muebles eran más elevados que los estándares que AHCORP; las filas de espera en varios subprocesos eran altas; la utilización de ciertos recursos eran exagerados y no se cumplía con el plan de producción semanal, dejando mucho trabajo para realizarlo en fines de semana con horas extras.

Con la simulación se pudo comprobar cuantitativamente los valores de los indicadores enumerados en el párrafo anterior, los cuales corroboraban que el proceso seguía fuera de control y por lo tanto los tiempos de entrega de muebles se continuaban viendo afectados.

Se presentó dos soluciones similares para los problemas descritos anteriormente, basadas en el incremento de personal en los diferentes puntos del proceso de lacado.

La primera propuesta de valor sugiere la incorporación de tres personas adicionales al proceso: un pintor, un lijador y un igualador de color. Esta propuesta deja el subproceso de retocado y lijado con líneas de espera aún elevadas (ver tabla 30), la utilización de los recursos controlada (ver tabla 31), tiempos de proceso superiores a los estándares (ver tabla 32) y un total del producto no terminado (muebles no terminados en la semana de trabajo que se procesan el fin de semana) manejable (tabla 29). La ventaja de esta propuesta es que sugiere un incremento de personal menor a la siguiente propuesta.

La segunda propuesta de valor sugiere el incremento de cinco personas: un retocador, un pintor, dos lijadores y un igualador de color. Esta propuesta permite reducir el tiempo en líneas de espera de los procesos que aun mostraban indicadores elevados (lijado, retocado). La ventaja de esta propuesta es que los tiempos de proceso se hacen aproximados a los estándares y el total del producto no terminado se reduce a una cantidad manejable por el personal de AHCORP (Muñoz).

A continuación se presenta en la tabla 35 un análisis de rentabilidad de las dos propuestas, para determinar cuál de ellas es la más aconsejable. Se tomo en cuenta para el costo de contratación de personal el sueldo de 413.16 por persona (datos consultados del IESS) y un beneficio de ahorro en costo por horas extra promedio calculado a partir del costo por hora extra suplementaria, el número actual de trabajadores del proceso de lacado y un valor aproximado de horas ahorradas al mes (4.5 horas ahorradas si se contrata 3 personas adicionales, 11 horas ahorradas si se contrata 5 personas adicionales) obtenidos de un experto de AHCORP.

Tabla 35: Análisis Costo-Beneficio para propuesta de aumento de personal.

	Propuesta 1	Propuesta 2
# de trabajadores incrementados	3	5
Salario por trabajador	413.16	413.16
Incremento en el costo mensual por contratación de nuevo personal	1239.48	2065.8
Costo hora extra suplementaria	US\$2.48	US\$2.48
Número de trabajadores del proceso de lacado	23	23
Número de horas extras ahorradas al mes aproximadamente debidas al incremento de personal	4.5	11
Ahorro total por eliminación de horas extra debidas a trabajo incompleto	US\$256.68	US\$627.44
Ahorro total	-US\$982.80	-US\$1,438.36

Fuente: AHCORP

Realización: Propia

El análisis de rentabilidad muestra que en los dos casos el ahorro por la eliminación de horas extras no es suficiente como para ganar dinero y se tendría que incrementar el gasto mensual de la compa a para implementar cualquiera de las dos mejoras.

Para la primera propuesta se debe incrementar el gasto por empleados al mes en US\$ 982.80. Para la segunda propuesta se debe incrementar el gasto por empleados al mes en US\$ 1438.36. La empresa deberá evaluar si es rentable para ellos incrementar trabajadores y en caso de que lo haga determinar el número óptimo acorde a los valores entregados en el proyecto.

9. Conclusiones

No fue necesario analizar al cliente externo de la empresa en la fase definir, debido a que los problemas que se generan en el proceso productivo del mueble no afectan al cliente final que es el mercado objetivo de AHCORP, sino a los clientes internos de la empresa, que son las diferentes áreas productivas que conforman la cadena de valor interna de la empresa.

Los departamentos críticos para la producción de muebles, encontrados en la fase definir en AHCORP son los de compras (materia prima - insumos) y producción del mueble. En estos departamentos se enfocó los siguientes análisis en busca el factor crítico para la calidad.

El factor crítico para la calidad del proyecto fue determinado como “el reproceso en el proceso productivo”, debido a que es este problema el que genera retrasos en la producción del mueble y perjudica directamente al cliente interno de la empresa (personal de AHCORP).

Después de analizar a la variable crítica para la calidad en los departamentos críticos de AHCORP, se determinó que el área de lacado es el proceso cuello de botella al ser éste el que posee el mayor número de reprocesos dentro del proceso productivo. El proceso cuello de botella encontrado fue, acorde a la metodología DMAIC, posteriormente medido, analizado, mejorado y evaluado.

Después de realizado el análisis del proceso cuello de botella se determinó que en él se encuentran dos tipos de reproceso: reprocesos globales, que son costosos para la empresa y requieren de una mayor cantidad de tiempo para ser solucionados; reprocesos locales, que no representan un costo importante a la empresa y toman poco tiempo en ser solucionados. Los reprocesos globales fueron la prioridad al momento de escoger los reprocesos críticos que iban a ser analizados.

Finalmente se llegó a la conclusión que los reprocesos críticos que debían mejorarse fueron:

- Masilla rechupada

- Falla de fábrica
- Igualado de color disconforme
- Golpes en tapicería

A cada uno de dichos reprocesos se los estudió en busca de determinar las causas principales que provocaban dichas disconformidades. Habiendo encontrado las causas raíz de cada uno de los reprocesos se decidió analizar los tres primeros bajo un esquema de diseño experimental y el último bajo un esquema de análisis del sitio de trabajo.

El diseño experimental pretendió determinar la mejor combinación de tres factores (humedad, no. de manos, tipo de masilla) bajo el criterio de tres expertos en el proceso de lacado. El objetivo fue conocer los factores influyentes en la generación de los reprocesos y determinar la mejor combinación de los mismos. Las conclusiones del diseño experimental fueron:

- Se debe dejar de utilizar la masilla “B” de manera definitiva. A cambio se debe usar solamente la masilla “A”, la cual es elaborada con materiales de calidad que por lo general no tienen reacciones químicas al toparse con otros elementos.
- Las repuestas de los tres expertos fueron similares, lo que demuestra que la experiencia de estas personas es valiosa al momento de revisar la calidad de los muebles. Los tres supervisores coincidieron en sus respuestas.
- El único factor significativo fue el tipo de masilla que se utiliza; los otros dos factores son indiferentes a la calidad del mueble, siempre y cuando se encuentren dentro de los límites especificados por la dirección de AHCORP.
- Es necesario para lograr capacidad en la humedad y el No. de manos de pintura, realizar un proceso de estandarización. La humedad, a pesar de estar bien dentro de los límites de especificación, debe tratar de ser más controlada en el futuro, para lo que se deben realizar revisiones de calidad más periódicas. El no. de manos de pintura debe ser estandarizado para que

se encuentre dentro de los límites de especificación y el reproceso de igualado de color disconforme sea minimizado.

Para tratar el reproceso de golpes en tapicería se desarrolló un análisis del puesto de trabajo en el área de tapizado del mueble. La conclusión fue que el principal problema es el de incomodidad de los trabajadores debido al reducido espacio que tienen entre estaciones de trabajo. Se debe solucionar este problema separando correctamente las mesas de trabajo tomando en cuenta que muchas veces los muebles que se tapizan son considerablemente más grandes que la mesa de trabajo. Se recomienda hacer un análisis del “layout” del área de trabajo de tapizado.

La simulación desarrollada para determinar si el proceso crítico estaba completamente solucionado arrojó resultados negativos. El análisis de cada indicador relevante se muestra a continuación:

- El tiempo de proceso para todos los muebles es elevado y no se cumple el tiempo estándar especificado por la dirección de AHCORP, esto significa que los tiempos de entrega podrían estar afectados por estas demoras.
- El análisis de los tiempos estándares de la empresa muestran también que no fueron calculados de manera realista, esto se pudo observar en el escenario número dos, debido a que a pesar de mejorar considerablemente el flujo de producción, éste no se igualaba a los tiempos estándares de la empresa; esto pasa porque al momento de calcular dichos tiempos estándares, no se tomó en consideración las líneas de espera.
- Las líneas de espera son significativas en la mayoría de las estaciones de trabajo, excepto en el sellado y lacado, donde los muebles demuestran no amontonarse. Los elevados tiempos de espera incrementan a los tiempos de proceso de las entidades.
- Las estaciones de trabajo muestran falta de capacidad y esto se lo puede observar en la utilización de los recursos de las estaciones de trabajo; exactamente en las estaciones que tienen tiempos de espera elevados, la utilización de sus recursos es también elevada.

- El número de muebles que en promedio quedan para trabajarse el sábado son 45. Este número de muebles es muy elevado para el fin de semana cuando se trabaja media jornada, lo cual produce descontento en los trabajadores y perjudica al mantenimiento de planta realizado el mismo día.

Debido a que la conclusión de la simulación fue que el proceso cuello de botella necesitaba otra mejora para cumplir con los tiempos de proceso adecuados y de esa manera no perjudicar al cliente interno, se realizó escenarios con soluciones finales para el proceso de lacado. La solución óptima fue la siguiente:

- Se debe incorporar 5 personas adicionales al proceso de lacado: un pintor, un igualador, dos lijadores y un retocador. Con el incremento del personal los tiempos de proceso de las entidades serán en general aproximados a los estándares especificados por AHCORP

Con el objetivo final de presentar a la dirección de AHCORP una propuesta de mejora, se desarrolló un análisis de rentabilidad para cada propuesta de valor. Las conclusiones de dicho análisis son presentadas a continuación.

- La primera propuesta referente al tipo de masilla fue comprobada como rentable debido a que el costo de adquirir nueva masilla de calidad respecto al ahorro que se tendría al reducir los reprocesos tiene un margen de ahorro de US\$ 48.24.
- El reordenamiento de las mesas de trabajo en el área de tapizado representa una inversión que acorde al análisis realizado se recuperará en el lapso de 5 meses 8 días. La empresa deberá evaluar si es rentable para ellos realizar el cambio en las instalaciones de AHCORP.
- El incremento de personal en el área de lacado no representa un ahorro sino un incremento del gasto debido al pago de sueldos a los nuevos empleados (US\$ 982.80 y US\$ 1438.36 para la primera y segunda propuesta respectivamente), esto seguramente no va a convenir a los directivos pero se debe entender que este incremento de personal no solo reducirá horas extras trabajadas, sino también, incrementará la calidad del producto, se cumplirán los tiempos de entrega, se tendrá un mejor tiempo de respuesta

en caso de incrementar sorpresivamente la producción traerá a los empleados un mejor ambiente.

10.Recomendaciones

La empresa deberá optar por implementar técnicas de mejora continua para asegurar calidad y eficiencia. Lo realizado en esta tesis es un ejemplo de un procedimiento que puede seguir para llegar a mejorar es procesos. Es aconsejable usar las mismas herramientas desarrolladas en el proyecto, esto es la simulación, el análisis de puestos de trabajo, el diseño de experimento DOE, debido a que son técnicas que se encuentran completamente desarrolladas y validadas, por esa razón solo habrá que realizar pequeñas modificaciones en ellas para poder usarlas nuevamente. De no ser el caso deberá implementarse nuevas tecnologías que busquen el mismo fin.

Se recomienda analizar constantemente los procesos de la empresa en busca de determinar nuevos problemas que deben ser mejorados, debido a que existieron muchos reprocesos de varias áreas que al no ser el cuello de botella, no fueron analizados, debido a que salían del alcance del proyecto. Esto representará la adopción de una cultura de mejora continua en la fábrica.

La empresa tendrá que cambiar la masilla que utilizan actualmente y para ello se recomienda que se realicen estudios de para asegurarse que siempre tendrán la masilla de mejor calidad y que no volverán a la antigua.

En el caso de que la masilla no se encuentre fácilmente en el mercado se recomienda encontrar nuevas masillas y mediante un nuevo diseño de experimentos analizar su calidad.

Se recomienda al momento de reordenar las mesas de trabajo realizar un estudio del Layout de la planta para que este movimiento de instalaciones no vaya a afectar a la eficiencia actual que se mantiene en sus instalaciones y facilidades.

El incremento de trabajadores en el área de lacado es necesario para poder mejorar el proceso y volverlo más eficiente. Conforme siga creciendo la empresa junto con su volumen de producción, se requerirá de nuevos análisis que verifiquen si se debe seguir aumentando personal, para lo cual se recomienda

seguir nuevamente la simulación cada cierto período de tiempo, cuando se haya identificado un crecimiento significativo en la demanda.

Es recomendable analizar la planificación de la producción que se establece semanalmente. Se podría dar el caso de que las órdenes de fabricación de muebles se estén generando a partir de los tiempos estándares de producción de la empresa, los cuales no son realistas y no reflejan el flujo real del proceso de lacado. Sería óptimo que la empresa mejore dichos tiempos estándares para que se balancee la generación de órdenes de producción con la capacidad productiva real de la empresa AHCORP.

Se recomienda a la empresa tomar en consideración para nuevos proyectos de mejora, que el incremento de empleados muchas veces no es el camino más factible; existen otras técnicas como el estudio de tiempos y movimientos para reducir los tiempos estándares de proceso que podrían representar una mejor salida debido a que no se ve envuelto en un incremento de costo de contratación.

Se recomienda controles semestrales para evaluar:

- Si la masilla tipo A continúa siendo óptima, para esto se deberán observar los reprocesos en el área de lacado y comprobar que no existan masillas rechupadas en exceso. Un problema que puede surgir en este punto puede ser la calidad de la masilla A; al ser esta comprada de un proveedor, no se sabe si éste mantendrá la misma calidad en adelante o si variará.
- Se deberá controlar los reprocesos de golpes en tapicería. Para esto se recomienda hacer un análisis de los reprocesos en el área de lacado y comprobar que los analizados en el proyecto de grado no estén incluidos en el grupo de procesos críticos. En caso de que esto suceda se recomienda realizar un nuevo análisis para continuar la optimización del proceso.
- Verificar si el personal incrementado en los diferentes puntos del proceso de lacado sigue siendo óptimo. Para esto se puede correr la simulación elaborada en el proyecto de grado realizando los cambios pertinentes, y de esa manera revisar los indicadores usados previamente para verificar si las mejoras continúan vigentes o deben ser re-analizadas.

11. Bibliografía

- Banks, Jerry. et. al. Discrete-Event System Simulation. 4ta. Ed. USA: Pearson Prentice Hall, 2005
- Burbano Francisco. Jefe de planta AHCORP. Entrevista personal. 26 septiembre 2010. Carapungo, Quito, Ecuador.
- Burbano Francisco. Jefe de planta AHCORP. Entrevista personal. 14 octubre 2010. Carapungo, Quito, Ecuador.
- Burbano Francisco. Jefe de planta AHCORP. Entrevista personal. 08 Diciembre 2010. Carapungo, Quito, Ecuador.
- Dhrymes, Phoebus. Moments of Truncates (Normal) Distributions. Columbia. May 2005. < <http://www.columbia.edu/~pjd1/mypapers/mycurrentpapers/dummytruncated.pdf> >
- Fernández, Jeffrey, et. al. Ergonomía Ocupacional Diseño y Administración del Trabajo. México: International Journal of Industrial Engineering, 2008.
- Gutiérrez Pulido, Humberto, Román de la Vara Salazar. Análisis y diseño de experimentos. 2da ed. México: McGraw Hill, 2008.
- Hoyos, Adriana. Company. Adriana Hoyos sitio web oficial. <www.adrianahoyos.com/company/news?p=3>
- Icaza, Ana Matilde. Adriana Hoyos al natural. Entrevista. Revista Banco General. Dic 2007. <http://www.enexclusiva.com/Revista/articulos/2007-12/adriana_hoyos.html>
- Infomipyme. La lluvia de ideas. Caja de herramientas. <http://www.infomipyme.com/Docs/GENERAL/Offline/GDE_01.htm>
- Kelton, David, Randal Sadowski, Davis Sturrock. Simulation with Arena. 3ra ed. Nueva York: Mc Graw-Hill, 2004.
- Kuehl, Robert O. Diseño de experimentos : principios estadísticos de diseño y análisis de investigación. 2da ed. México: Thomson Learning, 2001
- Malhotra, N. Investigación de Mercados. Scribd. <<http://www.scribd.com/doc/6565778/Medicion-y-Escalas>>
- Martínez, Ciro. Estadística y Muestreo. 11va ed. Colombia: Ecoe Ediciones, 2002.

- Molinero, Luis. Cálculo del tamaño de la muestra, métodos secuenciales. Asociación de la Sociedad Española de Hipertensión. <<http://www.seh-lelha.org/tamuestra.htm>>
- Montgomery, Douglas. Diseño y Análisis de Experimentos. 2da Ed. México: Limusa Wiley, 2007.
- Montgomery, Douglas, George Runger. Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería. 2da ed. México: Limusa Wiley, 2006.
- Muñoz Miguel. Supervisor del proceso de lacado AHCORP. Entrevista personal. 13 noviembre 2010. Carapungo, Quito, Ecuador.
- Muñoz Miguel. Supervisor del proceso de lacado AHCORP. Entrevista personal. 26 diciembre 2010. Carapungo, Quito, Ecuador.
- Muñoz Miguel. Supervisor del proceso de lacado AHCORP. Entrevista personal. 06 febrero 2011. Carapungo, Quito, Ecuador.
- Muñoz Miguel, Leonardo Reina. Miembros AHCORP. Entrevista personal. 18 noviembre 2010. Carapungo, Quito, Ecuador.
- Nogareda, Silvia. Método del análisis ergonómico del puesto de trabajo. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. Estructplan. <<http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=1052>>
- Pande, Peter, Robert Neuman, Roland Cavanagh. The Six Sigma way. US: McGraw-Hill, 2000.
- PPG Consultores. Gestión y cambio organizacional. <<http://www.detextiles.com/files/6%20SIGMA.pdf>>
- Pyzdek, Thomas. The Six Sigma Handbook. New York: McGrawHill, 2003
- Reina Leonardo. Supervisor de calidad AHCORP. Entrevista personal. 13 noviembre 2010. Carapungo, Quito, Ecuador.
- Ríos Insua, David, Jacinto Martín Jiménez. Simulación : métodos y aplicaciones. Bogotá : Alfaomega, 2000.
- Yang, Kai, Basem El-Haik. Design for Six Sigma. US: McGraw-Hill, 2003.

12. Glosario de Términos

VCC: por sus siglas, variable crítica para la calidad.

Project Charter: documento entregable a la administración de la empresa que resume la fase definir del proyecto Seis Sigma.

SIPOC: definición de un proceso o cadena de valor; por sus siglas en inglés Suppliers (Proveedores), Inputs (Entradas), Processes (Procesos), Outputs (Salidas), Clients (Clientes).

DMAIC: metodología usada para implementar la filosofía Seis Sigma, por sus siglas Definir, Medir, Analizar, Implementar, Controlar.

VOC: por sus siglas en inglés, Voice Of Customer (Voz del cliente)

AHCORP: Empresa donde se realiza el proyecto de tesis (Adriana Hoyos Corporación)

Masilla Rechupada: Masilla que por falla en el proceso, presenta colores diferentes a los deseados.

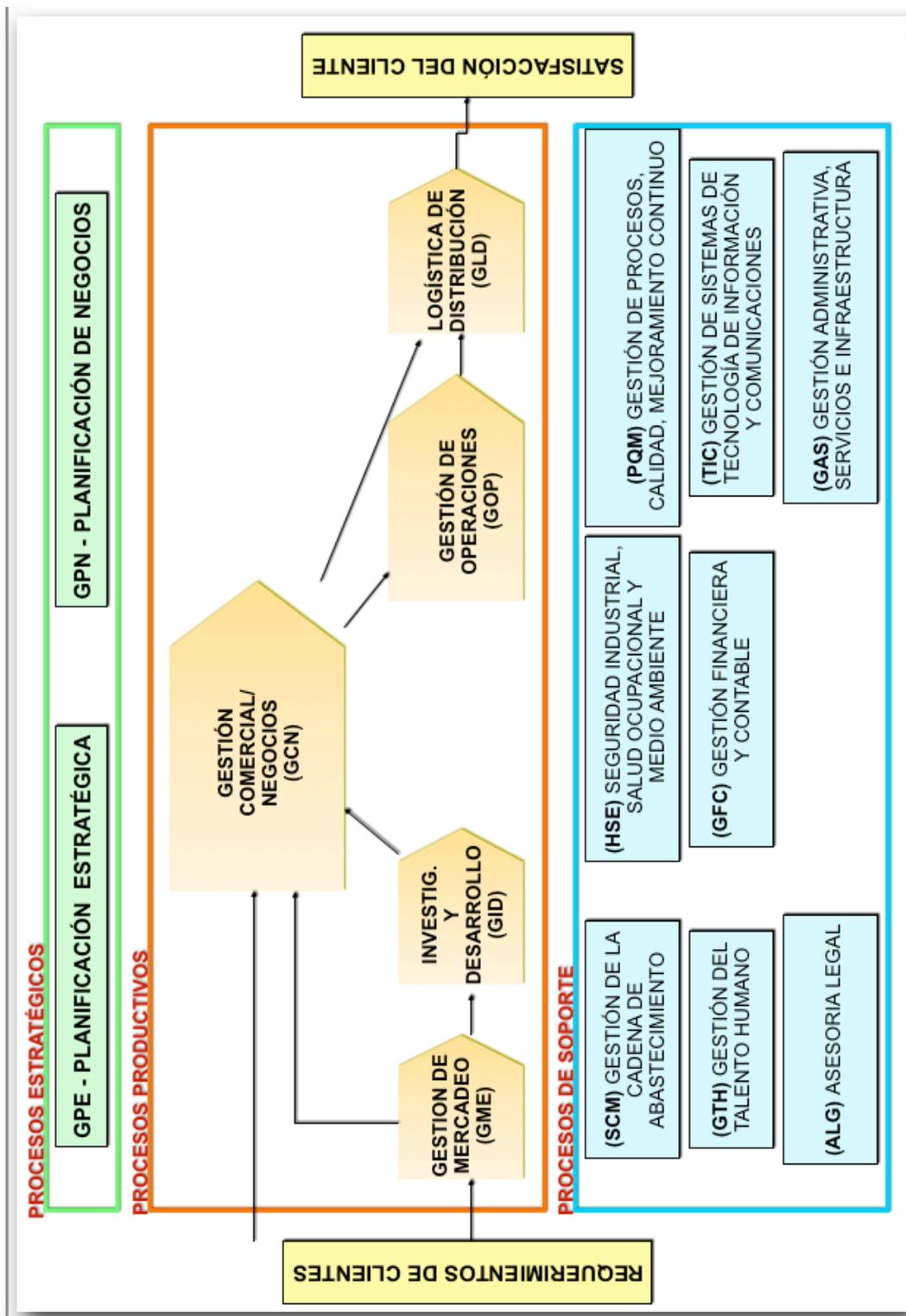
Madera Hormada: madera que por humedad no aceptable, cambia su forma y se dobla.

DOE: Diseño de experimentos; por sus siglas en inglés Design Of Experiments

WIP: Siglas "Work in Process", refiere a todas las entidades que se encuentran en proceso, exceptuando materia prima y producto terminado.

Anexos

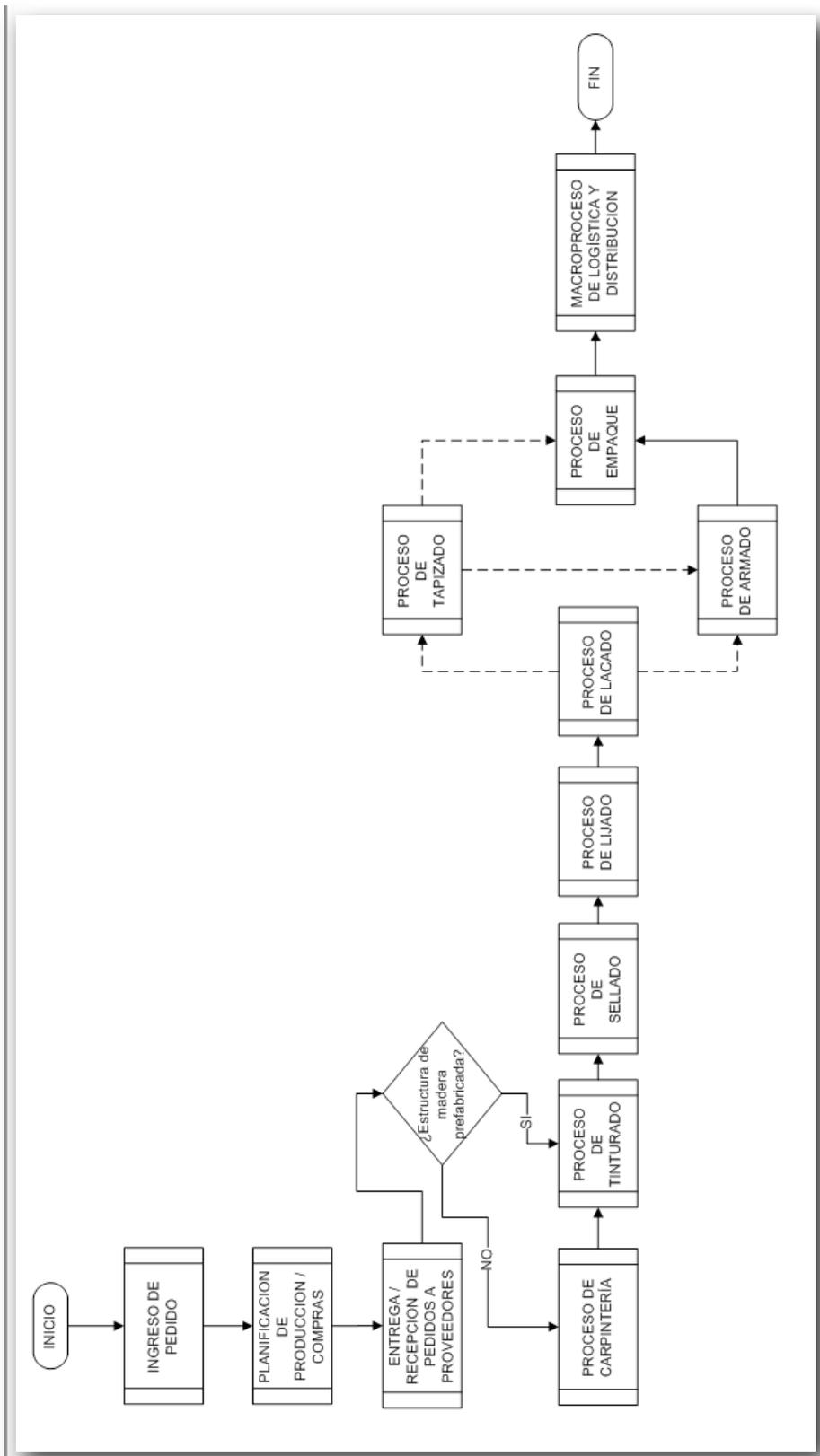
Anexo 1: Diagrama de la cadena de suministro de AHCORP



Fuente: AHCORP

Realización: Propia

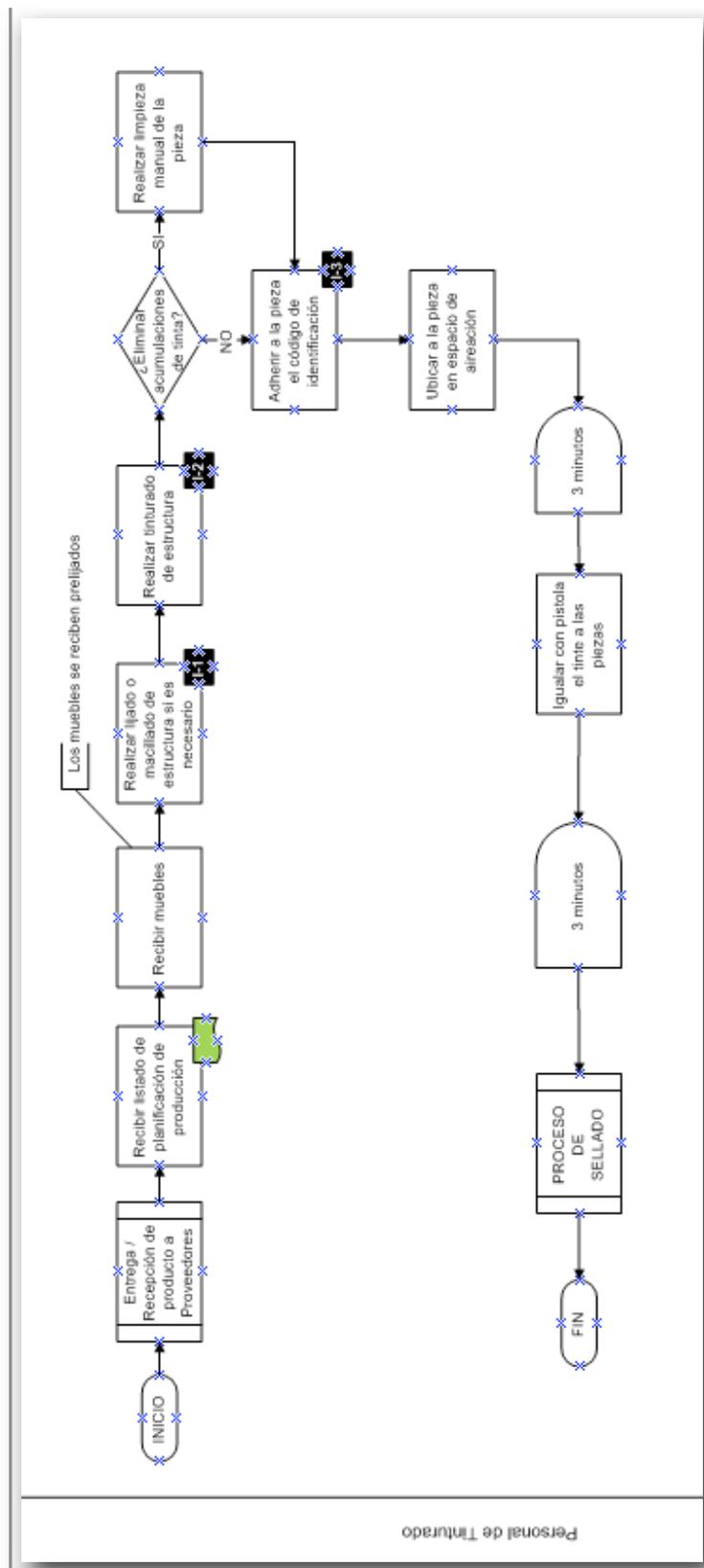
Anexo 2: Diagrama de los macroprocesos de AHCORP



Fuente: AHCORP

Realización: Propia

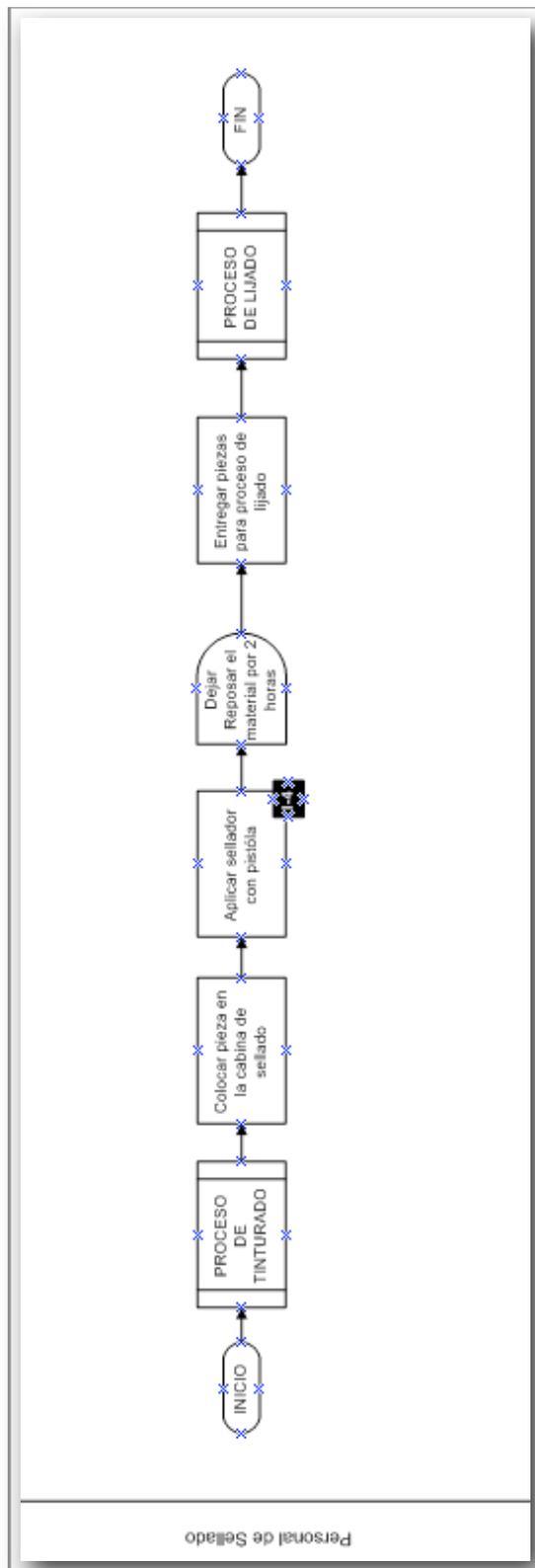
Anexo 3: Diagrama del proceso de tinturado de AHCORP



Fuente: AHCORP

Realización: Propia

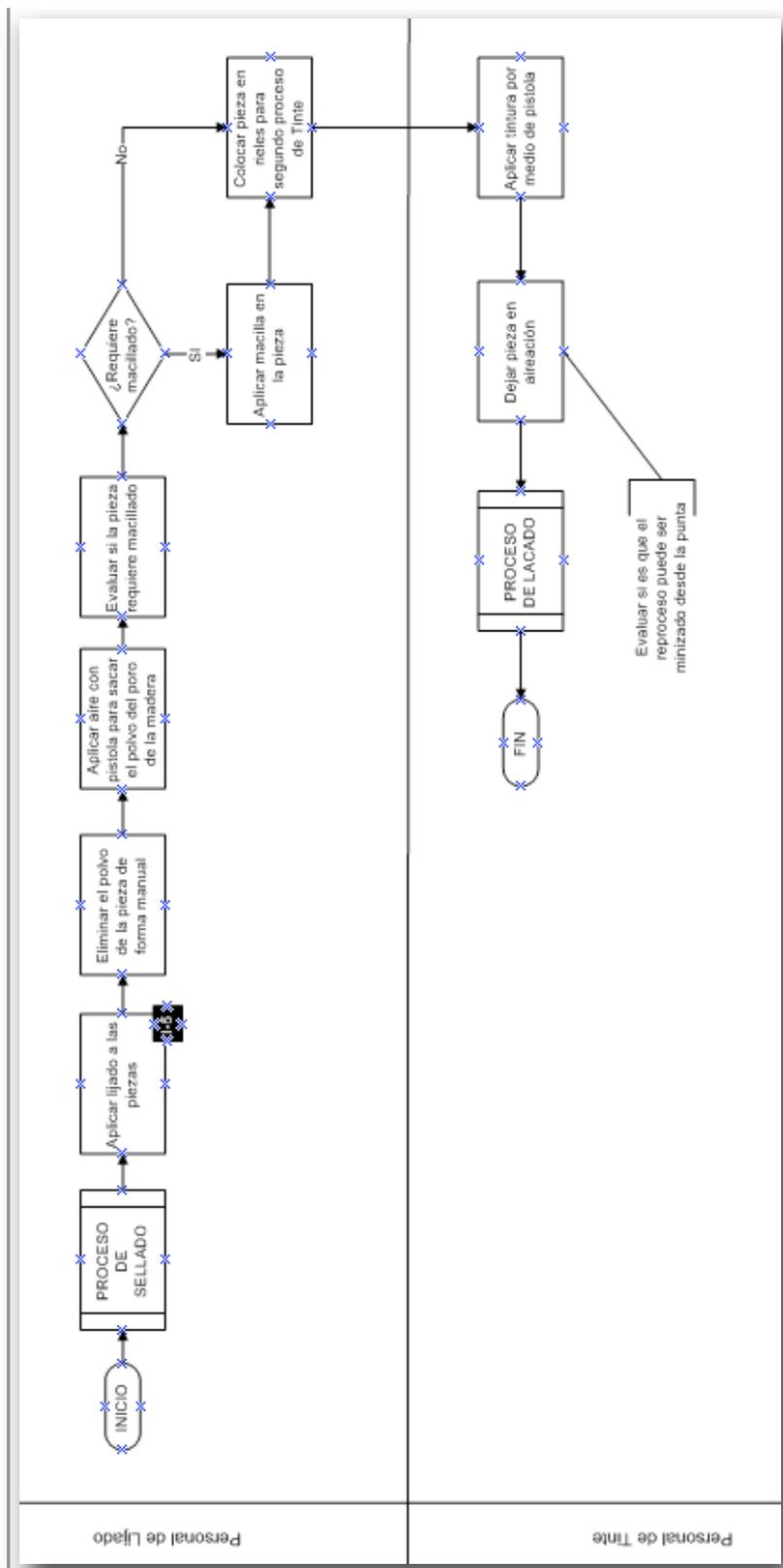
Anexo 4: Diagrama del proceso de sellado de AHCORP



Fuente: AHCORP

Realización: Propia

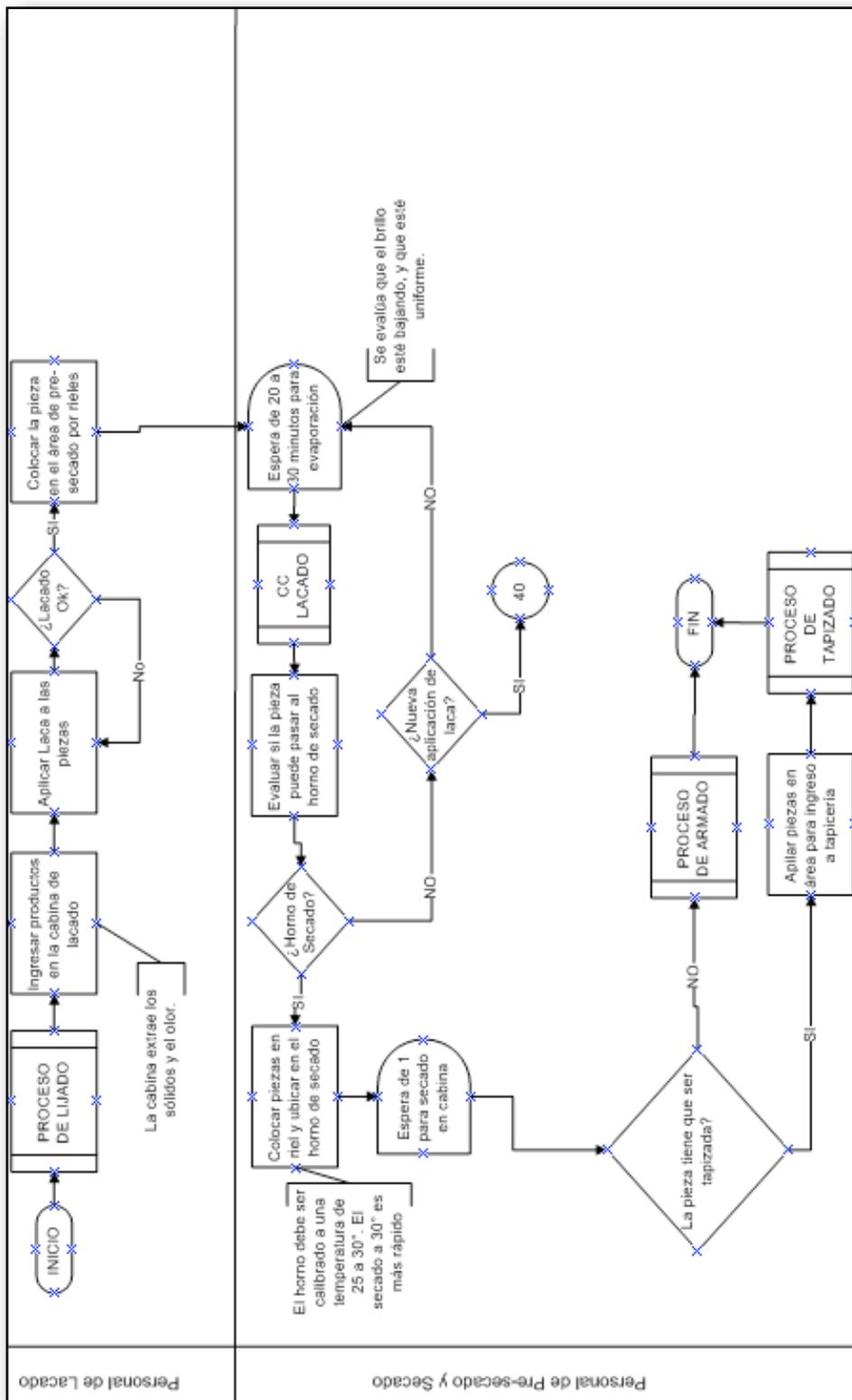
Anexo 5: Diagrama del proceso de lijado de AHCORP



Fuente: AHCORP

Realización: Propia

Anexo 6: Diagrama del proceso de lacado de AHCORP



Fuente: AHCORP

Realización: Propia

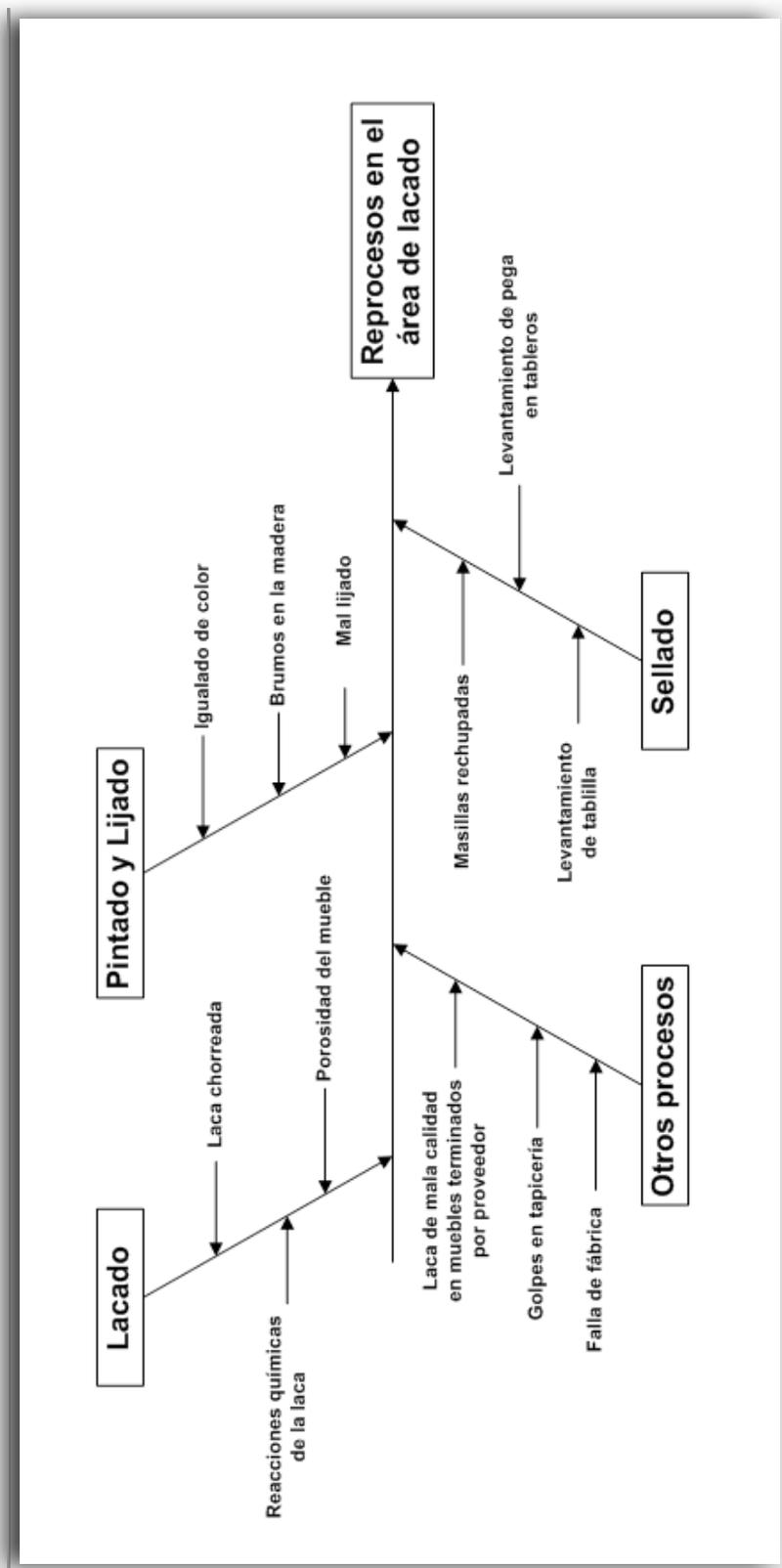
Anexo 7: Project Charter

PROJECT CHARTER
AHCORP

Proyecto de Implementación 60

Asesor del proyecto	Alejandro Iñiguez	Número telefónico y e-mail	084661346 iniguez_as@hotmail.com
Contacto en la Empresa	Francisco Burbano	Fecha de Inicio	20 de Octubre 2010
		Fecha de Finalización	1 de Mayo 2011
Elemento	Especificación	Descripción	
1. Proceso	Procesamiento de Lacado	El proceso será tomado en cuenta en su totalidad, desde el área de tinturado hasta el área de lacado.	
2. Descripción del proyecto (Problema Práctico)	Detección de causas principales de reprocesos en el área de lacado y propuesta de mejora.	El proyecto estará enfocado en encontrar las causas principales que generan los reprocesos en el proceso de lacado. Dichas causas serán analizadas para generar posteriormente una propuesta de mejora que contenga una solución a los problemas existentes.	
3. Objetivos del proyecto	Realizar análisis estadísticos para mejorar el CTQ del proceso de lacado. Con los resultados de las herramientas empleadas para realizar las mejoras se deberá realizar una propuesta de valor para la empresa. Esta propuesta de valor deberá ser validada y analizada para determinar su rentabilidad.	CTQ	
		Reprocesos del área de lacado.	
4. Caso de Negocio	Pérdidas causadas a la empresa por fallas en la calidad producidas en el área de lacado del mueble.		
5. Apoyo requerido	Compromiso de la administración de AHCORP	Para el éxito de este proyecto es primordial contar con el compromiso y el apoyo de la dirección de la empresa.	

Anexo 8: Diagrama de causa-efecto para determinar las causas de los reprocesos en el área de lacado



Fuente: Segunda lluvia de ideas

Realización: Propia

Anexo 10: Datos de la humedad de la madera tomados en la fábrica de muebles AHCORP

Datos para la humedad de la madera											
11	8	7	11	7	9	15	9	10	13	14	10
9	12	12	15	15	10	10	7	8	15	8	9
8	9	9	15	14	11	15	9	9	14	14	7
11	9	11	7	9	15	8	7	10	9	13	14
7	12	13	10	13	12	11	8	12	14	8	7
11	9	7	12	8	15	12	12	7	14	15	14
12	13	14	9	12	14	7	10	7	7	11	10
9	13	12	8	14	13	14	8	12	11	9	12
9	8	8	11	7	13	14	9	12	7	11	7
7	14	14	7	7	7	7	9	9	9	11	11
15	13	9	8	8	14	9	10	7	12	10	12
9	10	15	9	7	12	9	15	9	11	9	9
10	7	15	13	10	13	9	13	15	9	15	8
15	11	14	10	13	14	7	8	9	9	8	7
15	7	14	13	9	14	10	10	9	9	7	9
15	12	11	11	14	13	10	15	12	11	11	15
14	12	13	8	9	9	15	10	11	10	15	12
15	9	12	12	15	13	11	11	9	7	8	15
11	7	12	13	9	11	15	14	7	14	10	11
14	13	12	10	15	14	12	13	15	8	15	10
8	9	10	13	7	11	11	10	11	11	10	8
9	15	10	11	13	13	11	7	12	12	15	10

Fuente: AHCORP

Realización: Propia

Anexo 11: Fotografías de la paleta de colores usada para medir el color de las maderas



Fuente: AHCORP

Realización: Propia

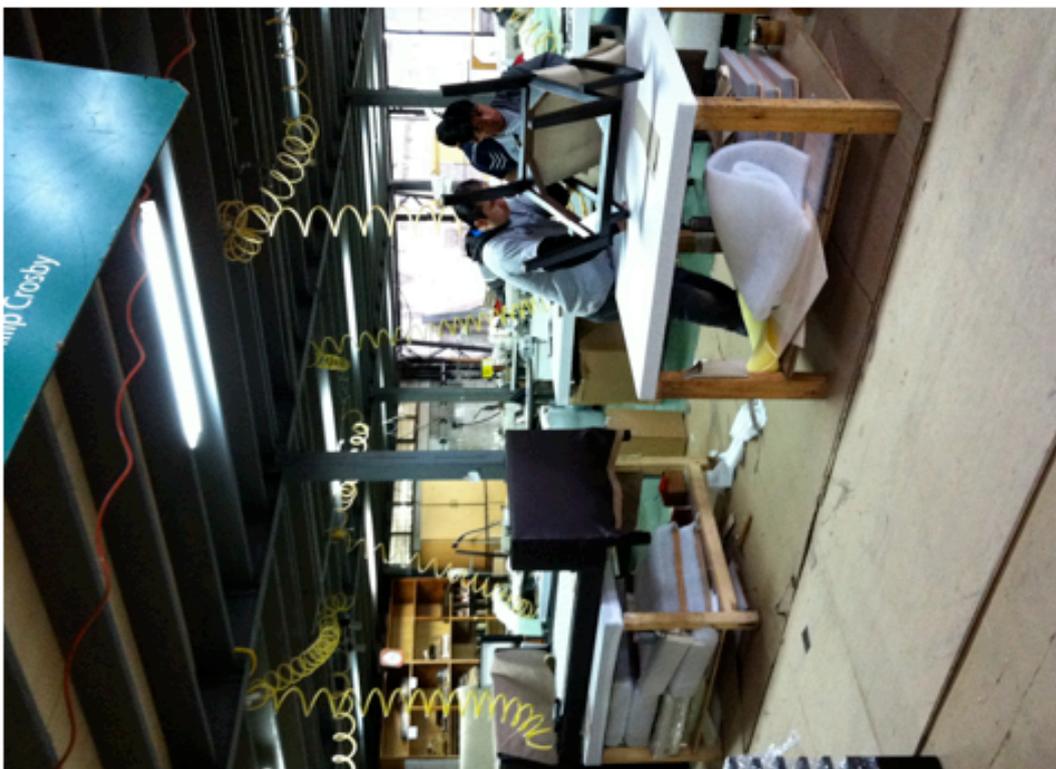
Anexo 12: Datos de color de los muebles tomados con la paleta de colores.

Datos para igualado de color													
7	7	6	8	7	7	7	6	7	4	7	6	7	9
7	6	6	7	6	6	6	7	7	6	6	7	7	6
7	6	6	8	6	6	6	7	7	8	7	6	7	8
8	7	7	6	6	6	8	6	7	6	7	7	6	7
6	6	6	6	7	7	8	7	6	7	8	6	6	8
8	6	7	6	7	7	7	6	7	9	6	6	6	4
7	6	9	6	6	6	5	6	6	7	4	7	6	7
7	6	7	9	7	8	6	7	7	6	7	6	6	7
6	6	8	6	6	8	8	7	6	6	8	6	7	6
7	8	7	6	7	8	6	7	7	6	8	7	6	6
9	7	8	7	6	8	7	7	7	7	5	7	6	7
6	7	7	6	6	5	6	6	6	7	5	7	6	6
5	7	8	7	6	5	5	6	7	5	9	6	7	7
6	7	7	5	6	5	6	6	7	6	7	6	6	7
6	6	5	8	7	9	9	6	7	6	7	7	6	7
6	6	9	6	7	9	6	7	7	7	3	7	7	6
6	7	7	7	6	8	9	7	6	8	6	6	7	7
8	6	6	6	6	8	8	6	8	7	7	7	7	7
6	7	8	7	7	8	7	7	7	7	6	7	6	7
7	6	7	5	6	7	8	6	6	7	7	6	7	8
7	6	7	7	6	7	7	6	6	5	7	6	7	7
6	7	7	8	7	7	6	6	6	8	6	6	6	6
8	6	7	7	6	6	7	6	7	6	6	7	6	6
7	6	6	6	7	6	8	6	7	5	6	6	8	6
7	6	7	8	6	7	8	7	7	6	7	7	7	7
9	7	7	6	6	6	8	7	7	7	6	7	7	4
5	7	5	8	6	7	8	6	7	6	8	7	6	7
6	7	6	3	6	6	5	7	7	5	5	6	7	6
6	8	6	7	6	7	5	6	6	6	9	7	6	6
6	6	9	6	6	6	5	7	7	8	7	7	6	6
7	7	7	4	7	6	9	7	6	6	7	7	6	6
8	6	5	8	6	4	9	6	7	6	8	7	6	8
7	7	8	6	7	6	8	7	8	6	7	7	7	4
7	7	7	7	7	7	8	7	4	8	6	6	7	
8	6	7	7	7	7	8	7	6	8	6	7	6	
5	7		7	6	7	5	6	7	7	6	6	8	

Fuente: AHCORP

Realización: Propia

Anexo 13: Fotografías del área de tapizado



Fuente: AHCORP

Realización: Propia

Anexo 14: Datos de las mediciones del tiempo de proceso de muebles por proceso con el tamaño de muestra individual (los datos para aparador se encuentran en la tabla 23).

	Librero					
	TINTE	IGUALADO	SELLADO	LIJADO	RETOQUE	LACADO
	44.28	21.31	18.52	246.37	71.47	26.51
	43.32	25.5	19.37	240.49	73.5	29.23
	45.11	24.13	16.4	238.2	75.11	28.37
	46.04	26.48	17.24	250.58	69.23	30.05
	45.53	22.41	15.47	248.42	72.15	28.44
	47.05	20.46	18.19	241.24	68.5	28.11
	43.06	23.4	16	246.38	72.02	27.4
	44.19	21.51	20.56	242.29	73.06	25.55
	46.50	25.35	19.22	239.07	71.55	27.02
	43.36	22.24	16.49	249.51	74.04	26.35
	44.22	23.51	17.4	247.26	73.04	25.41
	48.47	21.11	17.16	245.39	69.06	29.13
	46	26.42	15.26	245.45	72.53	28.18
	45.36	27.51	18.09	251.37	70.41	29.18
	48.2	22.35	17.11	252.39	72.47	26.49
	43.22	26.38	17.6	242	71.31	27.07
	46.29	24.57	18.1	244.5	75.46	28.46
	46.52	21.57	15.13	247.49	74.15	29.53
	48.30	20.4	16.51	243.08	69.32	29.5
	44.28	25.43	20.3	241.42	73.33	26.09
	51.5	23.06	16.35	252.51	70	28.48
	48.12	26.49	23.06	240.55	70.59	26.16
	43.28	27.1	16.08	245	70.09	29.21
	47.2	23.35	18.37	246.11	73.44	27.59
	46	22.33	18.01	248.15	69.48	26.11
	45.45	27.28	15.21	241.31	71.32	28.05
	46.15	23.1	16.37	239.04	69.42	28.13
	46.3	21.34	19.49	242.52	73.13	27.6
	41.3	22.4	18.14	245.35	73.22	26.33
	49.57	22.12	19.41	246.42	72.57	29.47
	42.54	25.49	20.33	241.26	68.23	27.59
	45.27	27.58	22.35	246.2	71.23	27.23
	44.3	24.19	17.52	240.3	70.55	28.32
	43.34	23.52	21.2	248.2	70.02	27.58
	48.44	20.18	19.35	243.15	73.46	29.08
Media	45.56	23.56	17.84	244.77	71.62	27.74
Desv. Estándar	2.206	2.243	1.991	3.902	1.908	1.261
% Error	2.0%	5.0%	5.0%	0.6%	1.0%	2.0%
%Error * Media	0.91	1.18	0.89	1.47	0.72	0.55
Z (0.05)	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
π_0 (muestra piloto)	23	14	19	27	27	20
N (Población)	615	615	615	615	615	615
"n" (muestra)	22	14	19	26	26	19

Silla Clásica						
TINTE	IGUALADO	SELLADO	LIJADO	RETOQUE	LACADO	
4.57	5.29	2.56	17.37	5.37	1.56	
4.08	3.22	2.07	15.14	3.58	1.51	
5.27	3.58	2.57	17.52	4.56	1.45	
4.15	6.1	3.02	19.09	5.18	1.19	
3.01	5.03	3.11	19.44	4.19	2.27	
3.04	4.54	3.17	18.44	4.47	1.16	
5.08	4.54	2.45	20.06	5.47	1.23	
4.04	3.33	2.48	21.49	5	1.37	
4.06	4.39	3.35	18.14	4.01	1.1	
3.56	3.52	4.1	15.01	5.5	1.09	
4.19	5.59	3.59	20.42	6.32	1.38	
3.48	3.49	2.43	19.37	4.2	1.18	
5	3.23	2.35	23.45	4.33	1.15	
3.44	3.47	3.58	17.39	6.09	1.37	
3.37	4.23	3.45	19.13	5.58	1.55	
3.58	3.46	2.5	16.24	3.55	1.32	
4.07	3.23	3.19	15.06	4.12	2.4	
4.5	5.46	3.12	19.13	6.17	1.46	
3.29	6.19	3.2	19.17	5.38	1.22	
6.4	4.55	3.53	18.42	4.56	1.13	
4.15	4.35	3.4	16.22	5.07	1.37	
4.53	4.12	2.52	18.58	3.55	1.51	
3.43	3.16	3.21	16.14	4.51	1.12	
3.16	4.52	4	15.48	3.18	1.32	
5.49	4.42	3.21	18.01	6.04	1.56	
4.34	5.05	3.05	19.3	5.17	1.4	
4.46	3.23	3.41	17.27	7.19	1.2	
3.38	6.53	3.09	16.49	3.52	1.56	
3.31	4.33	3.14	18.02	3.4	1.45	
4.57	4.17	2.57	21.22	3.39	1.03	
3.22	4.2	2.38	18.31	3.44	1.52	
4.44	5.15	2.56	15.07	4.13	1.12	
4.34	4.16	3.08	21.14	5.41	1.47	
5.1	4.42	2.55	16.53	4.06	1.26	
4.18	4.04	3.11	19.22	5.09	1.6	
Media	3.99	4.18	2.93	17.97	4.51	1.34
Desv. Estand.	0.779	0.906	0.488	2.033	0.998	0.289
% Error	10.0%	10.0%	7.0%	5.0%	10.0%	10.0%
%Error * Media	0.40	0.42	0.20	0.90	0.45	0.13
Z (0.05)	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
Π0 (muestra piloto)	15	18	22	20	19	18
N (Población)	615	615	615	615	615	615
"n" (muestra)	14	18	21	19	18	17

Mesa Central						
	TINTE	IGUALADO	SELLADO	LIJADO	RETOQUE	LACADO
	33.38	20.57	5.22	55.31	18.09	8.5
	34.47	25.09	6	61.17	20.29	11.31
	34.39	23.38	4.29	54.34	17.48	11.1
	35.35	21.37	5.38	62.02	23.13	10.25
	33.3	25.06	4.07	57.28	19.59	10.21
	35.48	24.38	4.24	57.37	20.05	9.59
	34.32	19.46	4	56.45	21.29	10.11
	32.12	20.56	5.24	60.44	19.18	8.26
	34.43	24.23	4.28	58.31	18.53	9.36
	32.05	23.15	6.32	56.42	22.2	11.5
	35.19	21.05	5.01	58.3	21.47	10.02
	32.24	20.38	5.24	55.5	18.4	8.42
	34.3	26.26	6.57	57.53	19.02	10.5
	31.5	20.03	5.39	54.6	19.51	9.16
	33.02	26.5	4.53	57.41	19.26	10.41
	32.17	27.57	6.3	56.35	20.27	10.6
	30.18	19.55	4.11	57.07	17.33	10.34
	25.08	23.2	4.48	61.42	21.03	11.29
	36.23	25.07	5.28	60.19	16.57	10.08
	32.21	22.18	6.11	59.08	21.35	12.47
	30.4	20.4	4.44	55.25	18.53	11.04
	31.59	21.22	4.32	57.16	19.24	9.19
	33.27	26.35	7.26	60.54	20.45	8.35
	33.34	23.37	5.11	58.3	18.3	9.04
	36.08	20.56	4.15	61.48	20.51	9.25
	35.55	20.2	4.3	59.05	19.59	10.32
	30.57	20.32	5.32	60.11	18	11.38
	31.33	24.2	4.55	56.15	19.34	8.35
	33.19	22.32	5.19	61.28	19.11	11.13
	30.16	22.58	6.47	57.33	22.06	10.15
	35.13	21.52	5.52	62.05	19.04	9.4
	32.2	26.38	5.42	55.28	17.25	12.14
	31.02	23.2	4.5	58.35	20.27	10.27
	33.41	22.32	7.23	57.55	18.55	9.49
	34.5	24.19	4.12	56.47	17.45	10.56
Media	32.79	22.59	5.00	58.00	19.36	9.99
Desv. Estándard	2.212	2.288	0.920	2.248	1.544	1.088

% Error	3.0%	5.0%	10.0%	2.0%	4.0%	5.0%
%Error * Media	0.98	1.13	0.50	1.16	0.77	0.50
Z (0.05)	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
n0 (muestra piloto)	19	16	13	14	15	18
N (Población)	615	615	615	615	615	615
"n" (muestra)	19	15	13	14	15	18

Mesa Comedor						
	TINTE	IGUALADO	SELLADO	LIJADO	RETOQUE	LACADO
	38.12	18.14	13.59	148.17	26.24	10.32
	41.53	19.09	15.22	155.14	25.16	11.18
	41.35	17.3	14.58	150.57	27.4	9.17
	42.56	19.48	14.49	154.42	29.25	12.24
	39.58	23.18	14.18	155.32	30.42	11.18
	37.55	20.16	17.44	153.1	27.15	9.55
	39.1	17.39	16.55	150.30	25.57	8.5
	40.55	22.23	16.21	153.2	25.33	9.16
	38.45	21.5	17.48	155.4	27.44	10.3
	42.17	18.22	13.44	149.2	27.54	9.4
	40.3	23.26	16.31	158.3	28.41	10.25
	38.44	21.52	14.21	154.42	24.57	9.02
	41.57	18	15.5	149.56	27.17	11.46
	40.45	19.43	16.39	160.6	25.01	9.45
	37.36	18.1	17.1	150.23	31.37	10.33
	41.49	17.35	14.54	148.25	29.2	11.15
	39.28	23.02	16.37	156.3	30.5	12.34
	38.33	17.25	19.07	155.18	33.6	11.08
	37.02	20.16	14.45	152.35	32.28	11.44
	42.17	21.33	17.08	150	28.37	8.32
	39	17.06	14.15	156.35	29.22	8.3
	41.49	20.41	15.4	149.19	28.32	9.39
	42.19	22.04	15.32	157.18	28.21	7.53
	39.54	19.48	14.05	152.43	31.37	9.54
	38.35	19.26	16.05	156.2	27.38	12.08
	39.38	20.16	16.05	158.38	27	10.3
	43.05	20.49	15.03	154.07	27.11	8.2
	38.12	20.04	16	149.55	30.24	10.32
	38	18.02	13.01	156.26	27.32	9.4
	38.09	18.31	16.36	153.38	30.53	10.22
	39.15	17.18	14.28	155.45	26.43	11.17
	41.45	17.4	16.4	157.35	26.15	11.42
	38.19	23.32	15	154.4	31.06	8.4
	39.28	22.11	17.32	153.02	27.4	10.37
	39.52	19.19	16.08	146	26.11	10.02
Media	39.71	19.54	15.45	153.33	28.00	9.92
Desv. Estándard	1.688	1.990	1.357	3.432	2.229	1.240

% Error	2.0%	5.0%	5.0%	1.0%	4.0%	5.0%
%Error * Media	0.79	0.98	0.77	1.53	1.12	0.50
Z (0.05)	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
n0 (muestra piloto)	17	16	12	19	15	24
N (Población)	615	615	615	615	615	615
"n" (muestra)	17	16	12	19	15	23

Modular						
	TINTE	IGUALADO	SELLADO	LIJADO	RETOQUE	LACADO
	30.54	20.04	7.55	117.5	37.27	13.28
	31.44	20.41	8.01	121.47	39.27	12.02
	31	22.21	10.17	115.5	42.52	11.13
	32.1	19.07	13.24	120.3	44.31	12.55
	32.07	26.42	11.39	114.15	46.44	15
	35.51	24	11.05	119	44.37	13.1
	34.14	19.25	8.5	117.24	37.14	12.42
	29.5	18.55	7.49	128.52	45.29	14.49
	28.55	19.28	12.46	126.42	46.54	14.23
	29.5	23.28	8.24	123.3	36.48	13.6
	30.2	18.31	11.24	114.5	38.1	15.05
	33.52	23.3	11.6	121.39	36.18	11.25
	32.33	24	11.04	117.16	45.36	14.49
	28.1	20.1	11.21	118.2	39.5	13.31
	37.13	18.4	8.43	122.42	41.56	13
	30.54	19.45	10.28	120.12	39.5	12.2
	20.13	22.4	10.39	115.18	29.2	14.5
	31.34	19.49	12.19	124.12	46.13	13.05
	29.22	21.2	11.59	125.5	41.06	14.55
	33.12	18.34	11.18	122.15	40.05	14.06
	31.6	21.44	9.13	124.3	39.31	16.27
	32.1	20	11.17	114.34	40.31	14.47
	28.58	22.2	8.15	127.35	45.43	13.15
	30.49	22.39	9.06	116.05	40.24	16.37
	30.47	20.17	9.13	119.31	38.15	17.45
	30.6	21.42	9	127.5	43.03	17.24
	28.14	24.09	10.26	120.24	37.57	13.25
	29.23	20.05	10.17	123.4	42.26	15.28
	29.53	21.49	12.53	120.4	41.29	15.1
	30.16	19.41	10.03	114.21	41.5	15.51
	28.4	21.43	9.48	113.35	38.29	11.31
	34.45	21.1	11.17	119.5	39.17	16.08
	29.1	22.01	10.44	115.2	41.23	17.45
	30.4	19.56	10.53	126.3	38.09	16
	29.31	18.5	8.58	121.45	37.12	15.36
Media	30.35	20.76	9.95	120.05	40.21	14.01
Desv. Estándard	2.806	1.977	1.505	4.375	3.655	1.733

% Error	5.0%	5.0%	5.0%	2.0%	5.0%	5.0%
%Error * Media	1.52	1.04	0.50	2.40	2.01	0.70
Z (0.05)	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
n0 (muestra piloto)	13	14	35	13	13	24
N (Población)	615	615	615	615	615	615
"n" (muestra)	13	14	33	12	12	23

Sofá						
	TINTE	IGUALADO	SELLADO	LIJADO	RETOQUE	LACADO
	15.07	10.59	9.39	72.26	31.06	9.18
	14.19	10.17	8.04	75.14	33.18	10.17
	16.31	12.37	9.35	76.43	35.58	9.09
	17.39	11.48	11.08	80.39	33.13	12.16
	16.48	9.45	8.44	72.13	35.22	9.12
	14.33	10.06	10.04	73.12	33.3	8.13
	16.03	8.55	10.53	70	31.41	13
	17.07	9.32	10.27	68.43	34.28	9.09
	14.33	9.49	8.27	72.44	35.34	11.51
	14.53	10.28	11	78.06	35.32	9.25
	15.1	12.5	10.23	73.35	33.4	9.05
	16.14	10.4	9.39	77.29	37.34	10.6
	15.18	12.05	10.14	74.2	36.01	9.08
	16.02	7.3	11.3	76.45	32.16	10.24
	15.28	10.21	8.14	74.58	35.38	9.31
	13.24	8.28	10.3	71.16	35.14	12.6
	14.2	9.37	8.06	76.47	30.37	9.59
	18.41	9.17	8.23	73.08	33.35	9.12
	19.33	12.08	11.57	78.07	29.5	10.15
	17.53	9.05	9.16	69.5	36.33	11.16
	14.38	10.14	9.19	70.15	34.47	12.4
	15.22	10.29	11.5	74.17	35.14	9.12
	11.4	11.12	10.46	73.13	33.06	12.31
	19.29	11.07	8.26	78.46	33.06	8.49
	20.05	15.43	9.57	72.58	34.18	8
	19.14	9.28	9.49	73.47	32.11	9.17
	14.36	11.1	9.23	70.5	32.52	10.5
	15.18	13.45	9.42	76.58	33.05	11.2
	17.19	10.5	10.23	75.06	33.33	9.43
	15.59	11.08	13.02	72.07	34.44	8.25
	16.43	8.38	14.4	73.48	31.27	8.49
	17.14	15.42	11.25	73.16	35.04	9.16
	19.17	12.38	9.03	72.19	34.41	8.05
	17.38	12.1	10.51	76.45	37.43	8.26
	15.05	9.55	8.6	72.22	30.07	9
Media	15.86	10.39	9.74	73.79	33.61	9.63
Desv. Estándard	1.939	1.817	1.423	2.793	1.957	1.418

% Error	5.0%	5.8%	5.2%	1.5%	2.0%	5.0%
%Error * Media	0.79	0.60	0.51	1.11	0.67	0.48
Z (0.05)	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
n0 (muestra piloto)	23	35	30	24	33	33
N (Población)	615	615	615	615	615	615
"n" (muestra)	22	33	29	24	31	32

Velador						
	TINTE	IGUALADO	SELLADO	LIJADO	RETOQUE	LACADO
	58.58	18.32	10.04	39.17	35.4	9.55
	60.24	19.4	11.35	42.58	35.1	8.54
	57.55	20.59	15.27	39.5	33.01	9.34
	59.47	23.16	12.39	39.48	37.19	10
	62.08	19.34	11.29	35.47	36.57	11.02
	60.4	22.27	14.46	36.49	32.18	9.48
	57.03	20.23	16.24	39.17	36.05	10.54
	63.24	20.06	12.35	38.53	34.28	9.07
	55.31	20.21	13.34	39.45	35	12.42
	57.3	19.07	10.37	42	35.39	11.38
	56.02	19.45	14.1	44.32	33.05	10.26
	60.01	20.16	13.18	40.28	39.44	9
	58.34	18.09	12	39.14	36.14	10.05
	57.3	22.55	14.3	38.07	32.35	9.07
	58.3	21.39	15.2	41.16	38.37	10.45
	55.06	19.46	13.42	29.35	31.59	8.09
	65.22	19.44	11.34	44.17	35.46	9.53
	63.24	17.27	15.4	42.34	32.18	12
	60.35	19.56	17.2	46.21	38.11	11.07
	58.04	20.28	16	40.57	34.45	11.23
	55.37	17.11	13.52	38.1	33.38	11.24
	59.43	22.27	13.4	39.51	32.18	9.59
	58.13	23.11	15.13	40.57	33.57	10.31
	62.13	21.08	12.4	42	33.36	8.43
	56.25	20.05	16.17	39.03	36.41	10.06
	61.29	21.25	15.16	43.1	32.27	10.43
	60	22.48	14.27	42.32	34.6	9.28
	61.59	20.47	11.2	40.6	34.19	11.05
	57.15	21.16	14.53	42.05	33.12	7.24
	58.58	25.59	17.51	41.4	34.1	9.2
	58.36	16.2	11.19	38.1	33.09	11.25
	62.05	19.27	15.36	45.15	34.04	11.3
	62.53	19.44	10.08	39.29	31.31	9.25
	61.15	24.18	17.44	40.4	30.59	8.54
	63.04	22.59	14.14	43.46	33.5	10.3
Media	59.32	20.28	13.41	40.11	34.20	9.85
Desv. Estándard	2.584	2.010	2.108	3.051	2.082	1.163

% Error	2.0%	5.0%	5.0%	3.0%	3.0%	5.0%
%Error * Media	1.19	1.01	0.67	1.20	1.03	0.49
Z (0.05)	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
n0 (muestra piloto)	18	15	38	25	16	21
N (Población)	615	615	615	615	615	615
"n" (muestra)	18	15	36	24	15	21

Cama						
	TINTE	IGUALADO	SELLADO	LIJADO	RETOQUE	LACADO
	99.2	29.24	24.24	98	68.33	5.19
	102.53	27.12	19.57	98.33	69.41	5.46
	97.16	29.51	23.24	97.28	71.46	4.22
	97.59	35.31	25.49	99.08	70.01	4.38
	100.35	31.18	20.18	106.58	69.12	5.45
	104.21	29.11	22.24	94.58	66.26	4.01
	93.31	27.38	23.2	101.22	74.3	5.38
	96.13	34.04	19.6	112.31	72.33	5.11
	97.6	32.53	21.4	103.4	74.6	5.41
	102.19	29.11	18.48	100.2	71.04	4.07
	101.07	30.46	16.02	109.59	75.35	6.17
	99.16	34.41	20.44	101.07	72.42	4.21
	95	28.27	18.15	94.3	67.5	5.08
	100.59	29.06	20.14	107.25	73.06	5.33
	102.24	33.26	17.48	103.58	64.46	5.01
	95.14	33.34	21.3	100.14	71.03	5.41
	97.5	28.55	17.12	96.31	74.05	4.07
	104.14	35.09	20.37	98.45	66.3	4.22
	98.51	28.14	19.13	103.4	71.1	5.34
	93.02	29.49	19.22	95.14	67.23	6.46
	107.55	31.55	20.07	102.02	72.42	5
	94.53	27.46	16.59	106.31	69.28	4.09
	97.19	29.38	20.15	100.55	69.6	4.39
	95.38	30.4	17.42	107.12	72.09	4.19
	103.29	28.17	18.23	96.6	71.51	6.32
	104.03	32.34	16.26	97.57	73.12	5.11
	91.38	29.3	19.26	104.48	67.57	4.42
	104.3	32.05	18.41	102.2	72	5.08
	92.39	29.05	19.36	94.07	69.53	5.11
	98.24	25.16	20.28	97.32	67.33	4.5
	94.26	31.01	20.27	104.3	73.02	4.4
	102.24	32.47	17.58	98.05	68.17	4.07
	92.58	28.26	20.21	102.25	74.48	5.32
	97.5	30.24	21.02	97.05	69.39	5.31
	94.2	27.3	21.6	99.22	71.54	4.47
Media	98.28	30.06	19.59	100.65	70.48	4.82
Desv. Estándard	4.148	2.482	2.191	4.493	2.715	0.669

% Error	2.0%	5.0%	5.0%	2.0%	2.0%	5.0%
%Error * Media	1.97	1.50	0.98	2.01	1.41	0.24
Z (0.05)	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
n0 (muestra piloto)	17	10	19	19	14	30
N (Población)	615	615	615	615	615	615
"n" (muestra)	17	10	19	19	14	28

BAR						
	TINTE	IGUALADO	SELLADO	LIJADO	RETOQUE	LACADO
	69.17	18.07	16.38	82.31	39.43	17.37
	67.3	21.01	18.3	81.15	38.38	18
	70.19	20.45	17.48	85.4	39	19.08
	71.01	19.32	22.25	90.55	43.44	20.4
	70.27	16.52	20.3	87.06	39.21	16.1
	69.36	22.17	21.4	91.3	37	18.14
	69.17	19.42	18.24	83.19	42.02	16.43
	68.15	18.39	16.53	84.41	40.53	18.5
	71.5	17.49	20.27	85.33	41.43	19.05
	68.2	16.01	24	82.21	39.08	20.11
	67.28	17.13	24.08	85.59	41.43	15.46
	74.48	19.41	22.49	83.36	42.5	20.06
	68.11	22.27	18.12	86.03	44.16	17.39
	71.16	21.15	21.28	83.47	42.07	18.31
	65.45	20.13	22.36	85.4	42.44	18.49
	66.53	16.24	21.17	84.17	38.22	21.03
	70.47	19.54	17.32	87.2	43.24	18.45
	69.5	28.58	21.25	84.43	39.23	18.49
	72.29	19.14	16.1	85.19	37.07	19.01
	64.53	20.14	20.11	87.34	43.04	19.36
	70.57	19.15	20	81.31	36.07	16.22
	74.03	19.35	17.46	83.5	42.41	17.55
	70.09	21.47	20.12	83.16	37.13	17.43
	61.27	17.28	18.4	86.57	41.47	17.04
	70.14	15.31	21.25	87.07	42.24	18.24
	70.48	16.5	20.49	79.04	37.45	17.35
	66.26	17.36	18.02	91.19	41.16	19.2
	68.12	23.58	17.23	88.25	38.56	18.5
	68.5	22.42	15.12	89.53	38.39	18.11
	76.15	19.42	16.6	84.38	40.41	20.52
	73.48	21.01	17.07	88.58	41.18	17.37
	73.17	18.36	20.46	83.35	37.16	19.45
	70.38	22.05	22.21	88.14	40.47	19.37
	65.49	17.09	23.48	85.54	41.11	20.14
	69.09	21.3	16	86.32	38.24	17.1
Media	69.34	19.24	19.21	85.37	40.07	18.27
Desv. Estándard	2.990	2.618	2.493	2.859	2.188	1.343

% Error	2.0%	5.0%	5.0%	1.5%	2.0%	2.5%
%Error * Media	1.39	0.96	0.96	1.28	0.80	0.46
Z (0.05)	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
n0 (muestra piloto)	18	28	26	19	29	33
N (Población)	615	615	615	615	615	615
"n" (muestra)	17	27	25	19	27	32

Silla Bar						
	TINTE	IGUALADO	SELLADO	LIJADO	RETOQUE	LACADO
	12.28	13.42	8.5	37.42	14.35	2.35
	15.56	16.22	10.23	43.32	15.59	3.42
	15.45	11.1	9.11	38.22	16.5	2.53
	12.06	15.37	10.36	37.59	15.23	3.29
	16.08	14.35	9.31	48.01	13.03	2.5
	15.02	15.13	10.35	39.15	15.48	3.11
	15.02	13.56	9.29	38.58	15.37	3
	13.24	13.4	10.38	40.16	14.29	3.36
	15.26	15.2	9.55	38.2	15.04	2.24
	13.02	14.46	11.03	42.54	15.57	2.36
	12.27	15.11	9.15	45.08	16.51	2.55
	13.11	15.08	10.45	38.15	14	3.05
	14.43	14.5	12.33	43.48	18.03	3.57
	16.48	14.19	10.04	38.55	14.58	4.2
	13.59	14.38	10	44.23	14.3	3.49
	14.2	17.57	9.39	41.6	16.46	3.25
	13.43	16.39	11.04	41.52	13.24	3.1
	14.02	15.19	9.18	39.41	14.11	3.5
	16.52	13.55	11.43	42.34	16.16	3.06
	16.43	15.05	9	39.32	17.27	2.42
	15.01	14.44	9.48	41.49	16	3.4
	14.47	13.26	10.43	43.35	16.45	3.47
	17.12	15.37	11.53	41.39	17.2	3.06
	13.52	13.03	8.3	45.23	15.48	2.52
	14.5	14.19	9.33	39.19	16.5	3.25
	16.21	14.59	10.5	40.13	15.13	3.4
	13.13	15.59	10.3	38.43	16.05	3.31
	15.45	14.52	10.21	41.34	15.03	3.11
	17.11	13.11	9.51	43.1	15.32	3.28
	15.22	16.27	10.4	42.44	14.32	4
	12.12	16.17	11.36	45.19	15.49	2.55
	17.52	14.36	10.13	39.33	14.33	2.44
	14.28	14.18	9.01	43.53	13.55	3.06
	15.3	15.32	9.33	37.26	16.32	2.23
	14.47	14.46	10.39	40.48	15.59	3.53
Media	14.50	14.53	9.93	40.94	15.28	2.97
Desv. Estándard	1.505	1.197	0.901	2.677	1.164	0.499

% Error	5.0%	2.9%	5.0%	2.5%	2.6%	9.0%
%Error * Media	0.73	0.42	0.50	1.02	0.40	0.27
Z (0.05)	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
n0 (muestra piloto)	17	31	13	26	33	13
N (Población)	615	615	615	615	615	615
"n" (muestra)	16	30	12	25	31	13

Poltrona						
	TINTE	IGUALADO	SELLADO	LIJADO	RETOQUE	LACADO
	8.43	4.32	3.15	19.5	11.45	4.02
	8.41	7.2	3.56	22.41	9.23	4
	9	6.56	4	21.55	10.43	3.58
	7.3	5.28	3.28	23.33	10.2	3.56
	8.45	6.08	2.41	18.12	10.05	4.19
	7.58	6.6	2.3	19.15	11.32	4.39
	7.4	6.44	3.39	20.05	11.1	6.04
	8.16	6.2	3.36	19.33	7.16	5.52
	7.6	6.11	2.32	23.05	11.12	4.2
	9.56	7.19	2.38	23.45	8.55	5.56
	7.51	5.03	2.20	21.05	9.35	5.32
	10.05	6.2	4.03	22.38	11.53	6
	7.45	4.41	2.25	20.25	10.19	5
	7.16	4.2	3.13	24.09	9.35	5.3
	9.46	5.01	4.05	22.12	9.34	4.12
	8.09	6.59	3.58	19.19	11.04	6.05
	10.03	6.09	2.46	25.18	7.57	3.47
	7.11	6.38	3.5	18.5	10.39	3.39
	7.55	6.5	3.3	17.03	9.15	4.16
	9.14	4.06	3.22	21.2	11.43	3.55
	8.22	4.35	3.18	20.27	12.1	4.53
	7.14	5.28	3.27	17.01	9.48	3.45
	8.15	4.21	2.31	16.45	8.01	3.15
	7.24	4.17	3.5	22.52	12	3.28
	8.47	5.26	2.43	21.18	8.38	4.42
	7.13	5.54	2.34	23.6	9.48	4.18
	10.19	5.36	3.41	24.32	14.02	3.21
	6.52	4.01	3.3	18.1	9.54	5.34
	6.18	5.54	3.6	19.51	10.21	4.32
	7.48	7.28	4.09	18.24	9.35	4.19
	8.34	5.22	2.53	17.12	8.53	4.35
	7.07	5.26	3.15	21.28	12.45	5.11
	11.23	5.23	2.45	24.1	9.03	4.15
	9.34	5.06	3.03	19.06	12.04	5.31
	7.36	5.05	3.15	18	9.28	4.4
Media	8.01	5.36	2.96	20.34	9.90	4.27
Desv. Estánd	1.149	0.965	0.583	2.423	1.501	0.851
% Error	5.0%	10.0%	10.0%	5.0%	5.0%	10.0%
%Error * Media	0.40	0.54	0.30	1.02	0.49	0.43
Z (0.05)	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
n0 (muestra piloto)	32	12	15	22	35	15
N (Población)	615	615	615	615	615	615
"n" (muestra)	30	12	15	21	33	15

Fuente: AHCORP

Realización: Propia

Anexo 15: Detalle de distribuciones que siguen los tiempos de proceso del anexo 14.

	Nombre	Mesa central	Mesa de comedor	Modular
TIEMPO DE PROCESO	Tinte	$30 + 7 * \text{BETA}(1.22, 1.44)$	$37 + \text{GAMM}(1.57, 1.77)$	$29 + \text{GAMM}(1.78, 1.54)$
	Igualado de color	$\text{TRIA}(19, 19.9, 28)$	$17 + 6.95 * \text{BETA}(0.75, 1.16)$	$18 + 9 * \text{BETA}(1.16, 2.3)$
	Sellado	$4 + \text{WEIB}(1.17, 1.08)$	$13 + 6.68 * \text{BETA}(1.81, 2.92)$	$7 + 6.82 * \text{BETA}(1.91, 2.2)$
	Secado	60	90	90
	Lijado	$54 + \text{LOGN}(4.33, 3.61)$	$\text{TRIA}(146, 156, 161)$	$113 + 16 * \text{BETA}(1.04, 1.27)$
	Retoque	$\text{NORM}(19.5, 1.52)$	$\text{TRIA}(24, 26.5, 34)$	$\text{NORM}(40.6, 3.6)$
	Lacado	$\text{TRIA}(8, 10.5, 12.9)$	$7.04 + \text{WEIB}(3.41, 2.71)$	$11 + 7 * \text{BETA}(0.988, 1.41)$
	Secado	60	90	90
	Horno	30	30	30

Nombre	Aparador	Librero	Silla Clásica
Tinte	$23 + \text{GAMM}(1.03, 3.24)$	$\text{NORM}(45.7, 2.17)$	$3 + 3.74 * \text{BETA}(1.15, 2.69)$
Igualado de color	$23 + 9 * \text{BETA}(1.37, 2.17)$	$20 + 8 * \text{BETA}(1.02, 1.15)$	$3 + \text{ERLA}(0.676, 2)$
Sellado	$\text{NORM}(12.8, 1.25)$	$15 + \text{ERLA}(1.52, 2)$	$\text{NORM}(3, 0.481)$
Secado	90	60	30
Lijado	$129 + \text{WEIB}(6.6, 1.71)$	$238 + 15 * \text{BETA}(1.21, 1.45)$	$15 + 9 * \text{BETA}(1.23, 2.25)$
Retoque	$\text{TRIA}(58, 62.5, 74)$	$68 + 8 * \text{BETA}(1.21, 1.45)$	$3 + \text{WEIB}(1.92, 1.77)$
Lacado	$24 + 7.81 * \text{BETA}(1.77, 1.92)$	$25 + 5.52 * \text{BETA}(1.92, 1.87)$	$1 + \text{GAMM}(0.184, 2.11)$
Secado	90	60	30
Horno	30	30	30

Nombre	Bar	Silla Bar	Poltrona
Tinte	NORM(69.5, 2.95)	10 + 7 * BETA(1.95, 1.71)	6 + GAMM(0.67, 3.22)
Igualado de color	15 + WEIB(5.11, 1.82)	10 + 8 * BETA(1.32, 1.62)	4 + 3.61 * BETA(1.02, 1.39)
Sellado	15 + 9.98 * BETA(1.35, 1.63)	NORM(10, 0.888)	2.01 + 2.27 * BETA(1.3, 1.47)
Secado	60	30	30
Lijado	TRIA(79, 85.4, 92)	TRIA(37, 37.3, 49)	16 + 10 * BETA(1.49, 1.74)
Retoque	36 + 8.97 * BETA(1.48, 1.7)	11 + 8 * BETA(1.09, 1.44)	7 + WEIB(3.49, 2.15)
Lacado	15 + 6.59 * BETA(2.56, 2.45)	TRIA(2.03, 3.22, 4.4)	3 + 3.34 * BETA(1.18, 1.59)
Secado	60	30	30
Horno	30	30	30

Nombre	Sofá	Velador	Cama
Tinte	11 + WEIB(5.68, 2.82)	55 + WEIB(5.41, 1.87)	91 + 17 * BETA(1.37, 1.76)
Igualado de color	7 + ERLA(0.918, 4)	16 + 10 * BETA(2.29, 2.83)	TRIA(25, 28.3, 36)
Sellado	8 + 7 * BETA(1.04, 2.77)	10 + 8 * BETA(1.21, 1.38)	NORM(19.8, 2.16)
Secado	60	90	60
Lijado	TRIA(68, 71.9, 81)	NORM(40.4, 3.01)	94 + 19 * BETA(1.12, 2)
Retoque	TRIA(29, 34.2, 38)	30 + ERLA(1.08, 4)	TRIA(64, 72.4, 76)
Lacado	NORM(9.81, 1.4)	7 + WEIB(3.34, 2.79)	4 + 2.71 * BETA(0.87, 1.75)
Secado	60	90	60
Horno	30	30	30

Fuente: Input Analyzer®

Realización: Propia

Anexo 16: Datos de los tiempos entre arribos de entidades al proceso de lacado.

	Tiempos entre arribos (TBA)	TBA tomados adicionales
	4.0	12.4
	8.5	4.2
	3.2	6.6
	4.4	8.5
	6.4	6.5
	5.1	4.1
	7.4	4.0
	6.2	5.4
	8.2	9.6
	11.4	3.1
	4.1	9.4
	8.4	10.3
	4.0	8.4
	6.4	6.5
	5.2	5.5
	9.4	4.5
	4.0	7.4
	7.3	5.5
	4.5	7.3
	3.2	6.5
	7.6	
	9.2	
	7.2	
	5.5	
	7.2	
	5.2	
	6.2	
	5.5	
	4.6	
	5.5	
Media	5.56	
Desviación Std.	2.012	
% Error	10%	
% Error * Media	0.56	
Z (0.05)	1.96	
No	50	
N	615	
N muestra	47	

Fuente: AHCORP

Realización: Propia

Anexo 17: Category Overview.

2:40:19	Category Overview	mayo 4, 2011
<i>Values Across All Replications</i>		
Unnamed Project		
Replications: 130	Time Units: Minutes	
Key Performance Indicators		
System	Average	
Number Out	289	

2:40:19

Category Overview

mayo 4, 2011

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 130 Time Units: Minutes

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Aparador	511.71	< 2,39	498.08	554.66	488.54	652.22
Bar	410.04	< 1,70	397.64	439.71	382.42	701.32
Cama	482.23	< 1,79	469.27	517.55	452.48	787.82
Librero	588.52	< 2,05	572.46	636.16	565.64	893.63
Mesa Central	307.88	< 1,25	297.04	330.24	285.04	755.21
Mesa Comedor	487.29	< 2,61	472.63	546.24	463.30	1015.27
Modular	456.28	< 1,86	442.60	495.32	425.85	991.37
Poltrona	148.49	< 0,63	141.43	158.80	131.22	501.29
Silla Bar	193.50	< 1,54	182.68	227.92	173.50	434.39
Silla Clasica	131.57	< 0,51	125.07	138.97	118.19	488.74
Sofa	311.75	< 1,56	298.59	336.97	288.15	612.83
Velador	397.69	< 1,89	385.36	427.87	373.75	588.20
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Aparador	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bar	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cama	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Librero	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mesa Central	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mesa Comedor	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Modular	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Poltrona	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Silla Bar	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Silla Clasica	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sofa	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Velador	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Aparador	107.82	< 8,23	39.7897	253.37	0.00	428.47
Bar	111.10	< 8,53	25.9666	283.65	0.00	564.25
Cama	105.00	< 7,86	22.9252	264.44	0.00	451.83
Librero	104.39	< 7,98	32.3464	234.16	0.00	447.22
Mesa Central	126.84	< 8,85	44.8619	352.70	0.00	512.49
Mesa Comedor	109.33	< 8,29	23.0649	279.55	0.00	451.72
Modular	116.30	< 8,27	34.7049	279.01	0.00	450.78
Poltrona	144.11	< 9,01	62.8172	345.44	0.00	512.23
Silla Bar	134.67	< 9,01	37.0223	306.01	0.00	543.59
Silla Clasica	147.33	< 9,34	59.7028	350.14	0.00	665.43
Sofa	130.72	< 9,05	48.9311	271.96	0.00	520.64
Velador	119.26	< 8,53	29.3912	274.03	0.00	444.88

2:40:19

Category Overview

mayo 4, 2011

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 130 Time Units: Minutes

Entity

Time

Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Aparador	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bar	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cama	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Librero	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mesa Central	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mesa Comedor	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Modular	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Poltrona	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Silla Bar	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Silla Clasica	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sofa	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Velador	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00

Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Aparador	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bar	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cama	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Librero	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mesa Central	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mesa Comedor	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Modular	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Poltrona	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Silla Bar	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Silla Clasica	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sofa	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Velador	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00

Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Aparador	619.52	< 8,48	543.39	756.47	490.61	1120.78
Bar	521.14	< 8,82	425.42	697.30	386.37	1253.80
Cama	587.23	< 8,42	503.55	769.01	459.49	1078.97
Librero	692.92	< 8,47	617.83	851.76	565.95	1300.08
Mesa Central	434.72	< 8,73	359.23	650.83	289.67	1047.34
Mesa Comedor	596.62	< 8,91	498.18	779.23	464.22	1204.23
Modular	572.58	< 8,47	482.68	747.03	432.35	1360.97
Poltrona	292.60	< 9,04	208.87	496.97	134.16	860.57
Silla Bar	328.17	< 9,42	224.29	502.37	178.52	847.26
Silla Clasica	278.90	< 9,34	193.10	484.19	118.46	1046.25
Sofa	442.47	< 8,92	354.79	587.35	293.98	972.12
Velador	516.95	< 8,72	431.68	688.26	375.22	976.72

Model Filename: C:\Documents and Settings\Administrador\Mis documentos\escenarios\escen: Page 3 of 12

2:40:19

Category Overview

mayo 4, 2011

Values Across All Replications

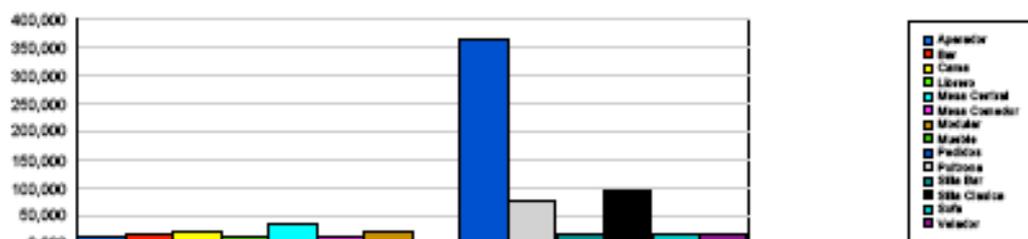
Unnamed Project

Replications: 130 Time Units: Minutes

Entity

Other

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Aparador	11.9308	0,58	3.0000	20.0000
Bar	15.7769	0,62	7.0000	25.0000
Cama	20.7923	0,64	12.0000	30.0000
Librero	12.6538	0,55	5.0000	21.0000
Mesa Central	36.6769	0,90	22.0000	47.0000
Mesa Comedor	11.9923	0,56	5.0000	21.0000
Modular	20.6385	0,74	12.0000	31.0000
Mueble	0.00	0,00	0.00	0.00
Pedidos	363.68	0,94	348.00	379.00
Poltrona	78.8538	1,65	55.0000	104.00
Silla Bar	16.2154	0,66	8.0000	26.0000
Silla Clasica	94.6692	1,78	65.0000	126.00
Sofa	16.4615	0,70	5.0000	27.0000
Velador	15.9077	0,67	7.0000	29.0000



Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Aparador	8.4615	0,48	2.0000	16.0000
Bar	12.4000	0,59	4.0000	21.0000
Cama	15.5308	0,54	8.0000	24.0000
Librero	8.6846	0,43	3.0000	14.0000
Mesa Central	29.2846	0,82	19.0000	39.0000
Mesa Comedor	8.8846	0,50	3.0000	17.0000
Modular	15.2231	0,63	7.0000	23.0000
Mueble	0.00	0,00	0.00	0.00
Pedidos	352.57	1,93	319.00	373.00
Poltrona	68.5077	1,66	47.0000	93.0000
Silla Bar	13.6846	0,57	5.0000	21.0000
Silla Clasica	82.3077	1,82	58.0000	120.00
Sofa	13.1231	0,64	3.0000	23.0000
Velador	12.4538	0,64	4.0000	26.0000

2:40:19

Category Overview

mayo 4, 2011

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 130 Time Units: Minutes

Entity**Other**

WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Aparador	2.6040	< 0,14	0.7486	4.8040	0.00	9.0000
Bar	2.9761	< 0,12	0.9217	4.7110	0.00	10.0000
Cama	4.3746	< 0,15	2.5599	6.5236	0.00	12.0000
Librero	3.1182	< 0,15	1.0332	5.5645	0.00	10.0000
Mesa Central	5.6823	< 0,17	3.3480	8.3811	0.00	18.0000
Mesa Comedor	2.5842	< 0,14	1.0080	4.7768	0.00	11.0000
Modular	4.1758	< 0,17	2.2718	6.5199	0.00	15.0000
Mueble	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pedidos	7.7446	< 1,00	1.3707	28.6838	0.00	59.0000
Poltrona	7.9446	< 0,22	5.3855	11.4551	0.00	24.0000
Silla Bar	1.8729	< 0,09	0.8191	3.4713	0.00	12.0000
Silla Clasica	8.9648	< 0,24	5.5448	13.4908	0.00	32.0000
Sofa	2.5880	< 0,12	0.6849	4.3679	0.00	12.0000
Velador	2.9206	< 0,13	1.2911	5.3560	0.00	10.0000

2:40:19

Category Overview

mayo 4, 2011

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 130 Time Units: Minutes

Process

Time per Entity

VA Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Horno	30.0000	< 0,00	30.0000	30.0000	30.0000	30.0000
Igualado de color	12.9617	< 0,10	11.5176	14.3678	3.0892	35.8891
Lacado	7.2308	< 0,07	6.3122	8.2716	1.0289	31.5183
Lijado	55.1678	< 0,55	47.2280	63.3201	15.0001	253.00
Retoque	21.8972	< 0,21	19.2837	25.1607	3.0106	75.8937
Secado	48.5623	< 0,23	45.4154	52.6214	30.0000	90.0000
Segundo Secado	47.6634	< 0,25	44.0179	52.1455	30.0000	90.0000
Sellado	7.5383	< 0,06	6.7728	8.4955	0.00	32.0764
Tinturado	24.8448	< 0,26	21.6296	28.9680	3.0002	107.40
Wait Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Igualado de color	39.8795	< 3,26	13.4344	113.34	0.00	220.39
Lacado	2.3253	< 0,09	1.1398	3.9734	0.00	35.1874
Lijado	35.9929	< 3,22	8.6462	82.8974	0.00	227.91
Retoque	10.8979	< 0,56	3.8321	23.1652	0.00	84.0739
Sellado	1.1921	< 0,04	0.7245	1.8218	0.00	19.9541
Tinturado	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Horno	30.0000	< 0,00	30.0000	30.0000	30.0000	30.0000
Igualado de color	52.8412	< 3,31	24.9521	127.48	3.1115	237.55
Lacado	9.5562	< 0,13	7.9920	11.6457	1.0289	54.0723
Lijado	91.1607	< 3,58	57.5122	140.60	15.0076	415.79
Retoque	32.7951	< 0,68	24.4106	46.1881	3.0106	137.90
Secado	48.5623	< 0,23	45.4154	52.6214	30.0000	90.0000
Segundo Secado	47.6634	< 0,25	44.0179	52.1455	30.0000	90.0000
Sellado	8.7305	< 0,08	7.6674	9.8834	0.00	34.0819
Tinturado	24.8448	< 0,26	21.6296	28.9680	3.0002	107.40

Accumulated Time

2:40:19

Category Overview

mayo 4, 2011

Values Across All Replications

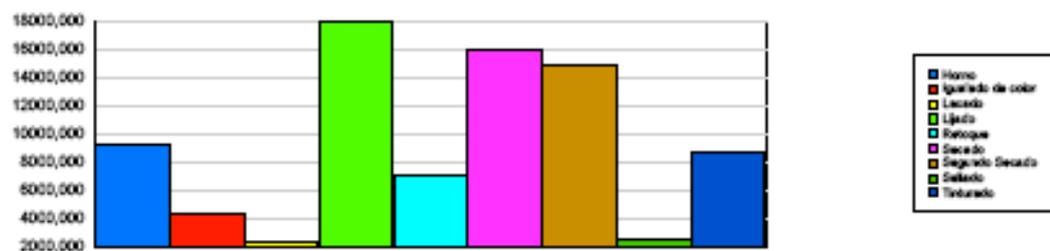
Unnamed Project

Replications: 130 Time Units: Minutes

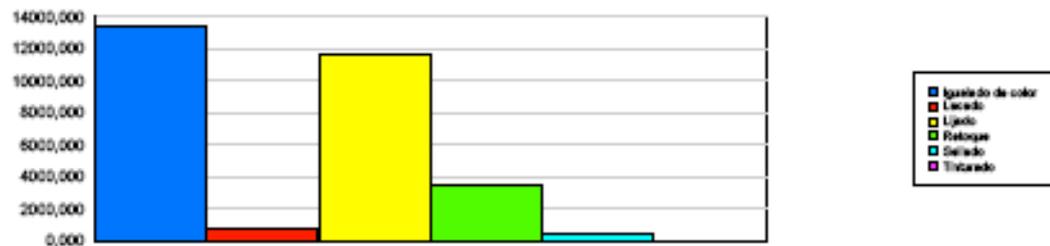
Process

Accumulated Time

Accum VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Horno	9202.15	77,32	8010.00	10260.00
Igualado de color	4372.08	17,32	3933.22	4551.72
Lacado	2300.12	16,44	2062.24	2546.64
Lijado	17940.43	90,90	16151.99	18872.18
Retoque	6994.11	33,97	6559.04	7465.89
Secado	15956.31	73,03	14760.00	17040.00
Segundo Secado	14814.00	89,50	13410.00	15990.00
Sellado	2532.18	12,52	2363.63	2739.83
Tinturado	8677.49	58,47	7690.15	9206.61



Accum Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Igualado de color	13422.66	1.059,11	4755.79	35928.74
Lacado	741.18	30,14	341.94	1335.07
Lijado	11617.05	1.000,85	2905.13	26278.47
Retoque	3477.14	173,26	1237.78	7389.71
Sellado	401.13	12,79	224.58	650.20
Tinturado	0.00	0,00	0.00	0.00



Other

2:40:19

Category Overview

mayo 4, 2011

Values Across All Replications

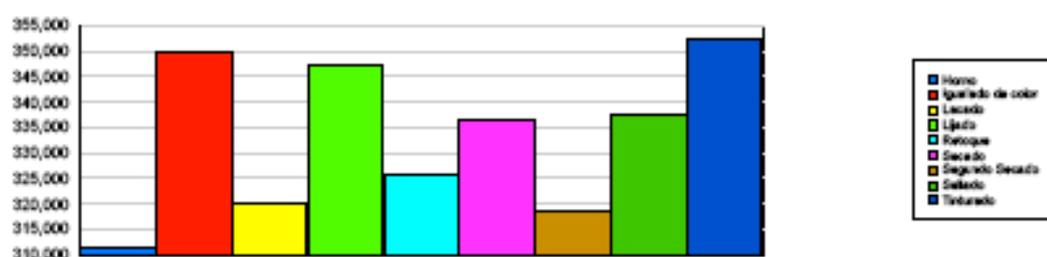
Unnamed Project

Replications: 130 Time Units: Minutes

Process

Other

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Horno	311.12	2,61	272.00	347.00
Igualado de color	349.82	1,97	315.00	372.00
Lacado	320.14	2,64	285.00	360.00
Lijado	346.98	2,28	313.00	365.00
Retoque	325.92	2,55	287.00	365.00
Secado	336.35	2,06	305.00	367.00
Segundo Secado	318.65	2,63	284.00	358.00
Sellado	337.74	2,06	306.00	370.00
Tinturado	352.57	1,93	319.00	373.00



Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Horno	305.74	2,58	267.00	342.00
Igualado de color	337.74	2,06	306.00	370.00
Lacado	318.65	2,63	284.00	358.00
Lijado	325.92	2,55	287.00	365.00
Retoque	320.14	2,64	285.00	360.00
Secado	328.79	2,03	299.00	360.00
Segundo Secado	311.12	2,61	272.00	347.00
Sellado	336.35	2,06	305.00	367.00
Tinturado	349.82	1,97	315.00	372.00

2:40:19

Category Overview

mayo 4, 2011

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 130 Time Units: Minutes

Queue**Time**

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Igualado de color.Queue	40.0337	< 3,28	13.4598	113.74	0.00	220.39
Lacado.Queue	2.3224	< 0,09	1.1567	3.9734	0.00	35.1874
Lijado.Queue	36.8831	< 3,28	8.6498	85.2247	0.00	237.67
Pedidos en espera.Queue	49.5091	< 6,45	8.7089	184.49	0.00	362.74
Retoque.Queue	10.9027	< 0,56	3.7853	23.2326	0.00	84.0739
Sellado.Queue	1.1901	< 0,04	0.7211	1.6217	0.00	19.9541
Tinturado.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Igualado de color.Queue	6.0434	< 0,50	2.0902	17.0402	0.00	40.0000
Lacado.Queue	0.3209	< 0,01	0.1501	0.5755	0.00	12.0000
Lijado.Queue	5.5349	< 0,49	1.2603	13.2714	0.00	39.0000
Pedidos en espera.Queue	7.7446	< 1,00	1.3707	28.6838	0.00	59.0000
Retoque.Queue	1.5308	< 0,08	0.5358	3.2463	0.00	21.0000
Sellado.Queue	0.1735	< 0,01	0.0970	0.2915	0.00	7.0000
Tinturado.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00

2:40:19

Category Overview

mayo 4, 2011

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 130 Time Units: Minutes

Resource

Usage

Instantaneous Utilization						
	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Igualador	0.9463	< 0,00	0.8511	0.9839	0.00	1.0000
Lacador	0.4973	< 0,00	0.4482	0.5488	0.00	1.0000
Lijador	0.8818	< 0,00	0.7852	0.9201	0.00	1.0000
Pintor	0.9452	< 0,01	0.8372	0.9974	0.00	1.0000
Retocador	0.7619	< 0,00	0.7186	0.8121	0.00	1.0000
Sellador	0.5473	< 0,00	0.5124	0.5905	0.00	1.0000
Number Busy						
	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Igualador	1.8926	< 0,01	1.7022	1.9678	0.00	2.0000
Lacador	0.9946	< 0,01	0.8963	1.0977	0.00	2.0000
Lijador	7.9363	< 0,04	7.0671	8.2813	0.00	9.0000
Pintor	3.7809	< 0,02	3.3489	3.9894	0.00	4.0000
Retocador	3.0474	< 0,01	2.8746	3.2486	0.00	4.0000
Sellador	1.0946	< 0,01	1.0248	1.1810	0.00	2.0000
Number Scheduled						
	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Igualador	2.0000	< 0,00	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000
Lacador	2.0000	< 0,00	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000
Lijador	9.0000	< 0,00	9.0000	9.0000	9.0000	9.0000
Pintor	4.0000	< 0,00	4.0000	4.0000	4.0000	4.0000
Retocador	4.0000	< 0,00	4.0000	4.0000	4.0000	4.0000
Sellador	2.0000	< 0,00	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000

2:40:19

Category Overview

mayo 4, 2011

Values Across All Replications

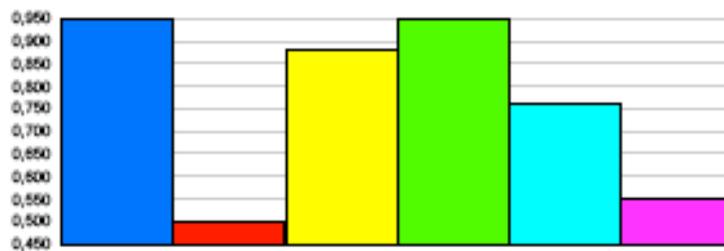
Unnamed Project

Replications: 130 Time Units: Minutes

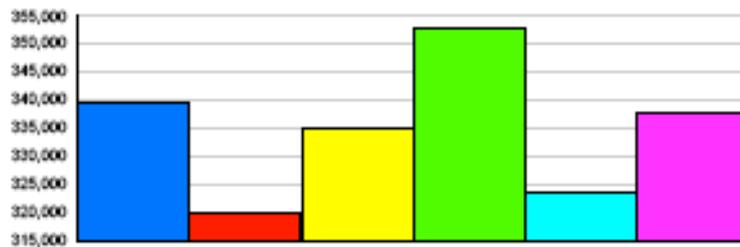
Resource

Usage

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Igalador	0.9463	0,00	0.8511	0.9839
Lacador	0.4973	0,00	0.4482	0.5488
Lijador	0.8818	0,00	0.7852	0.9201
Pintor	0.9452	0,01	0.8372	0.9974
Retocador	0.7619	0,00	0.7186	0.8121
Sellador	0.5473	0,00	0.5124	0.5905



Total Number Seized	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Igalador	339.54	2,06	307.00	372.00
Lacador	319.78	2,63	285.00	360.00
Lijador	334.83	2,52	296.00	369.00
Pintor	352.57	1,93	319.00	373.00
Retocador	323.77	2,63	287.00	364.00
Sellador	337.55	2,05	306.00	369.00



2:40:19

Category Overview

mayo 4, 2011

Values Across All Replications

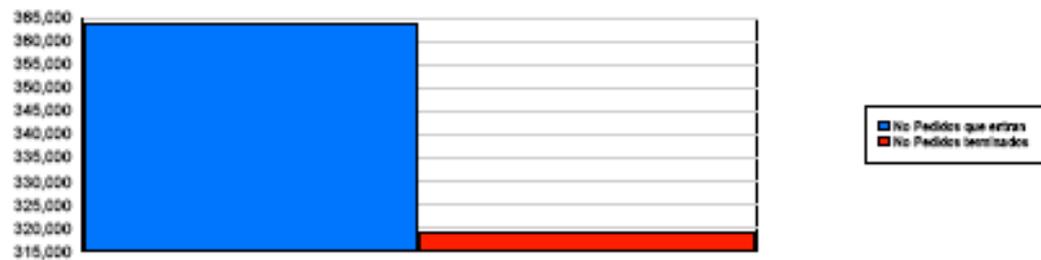
Unnamed Project

Replications: 130 Time Units: Minutes

User Specified

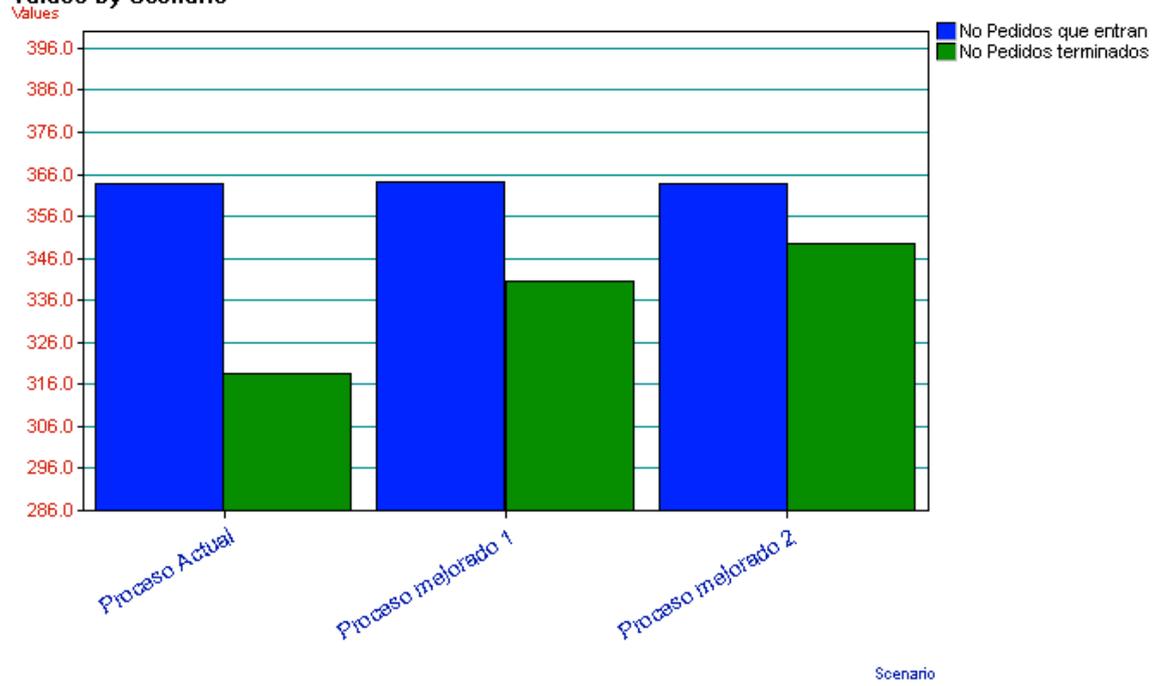
Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
No Pedidos que entran	363.68	< 0,94	348.00	379.00
No Pedidos terminados	318.65	< 2,63	284.00	358.00

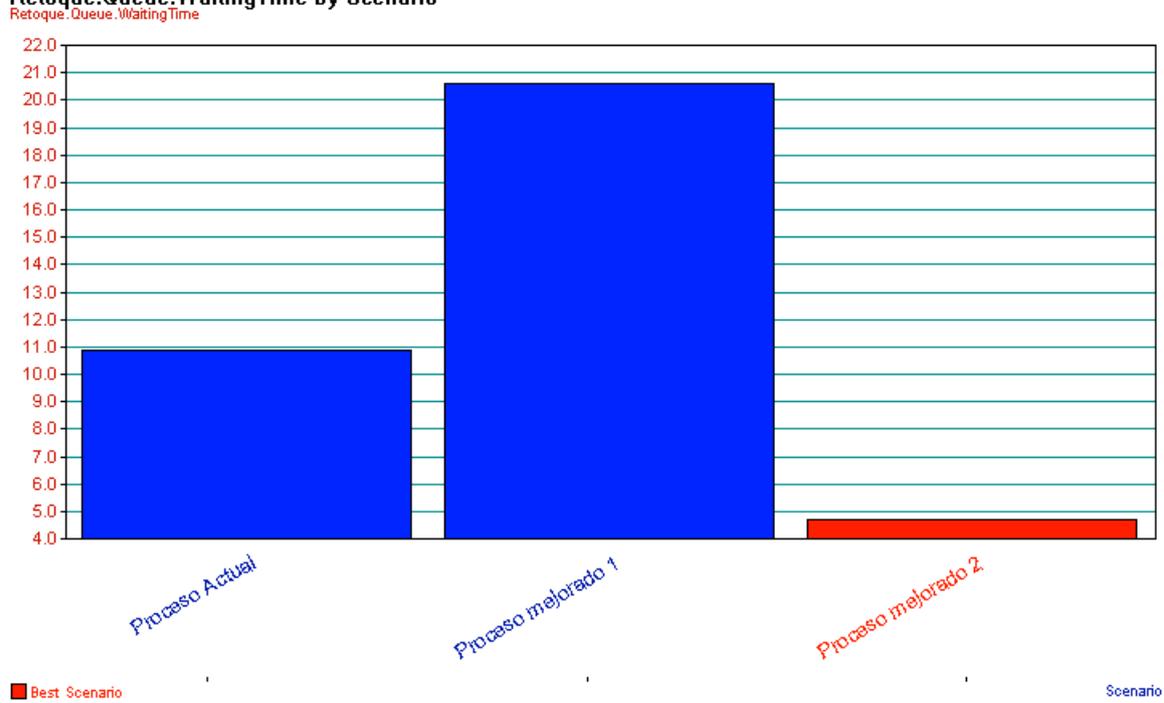


Anexo 18: Gráficas de comparación entre escenarios de la simulación.

Values by Scenario

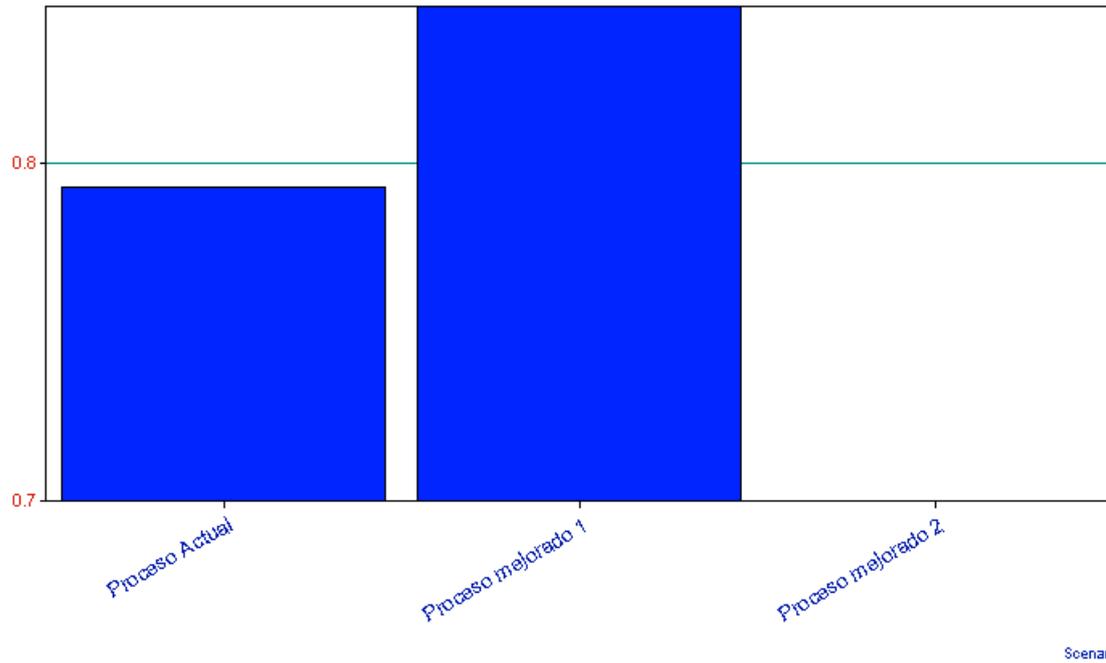


Retoque.Queue.WaitingTime by Scenario



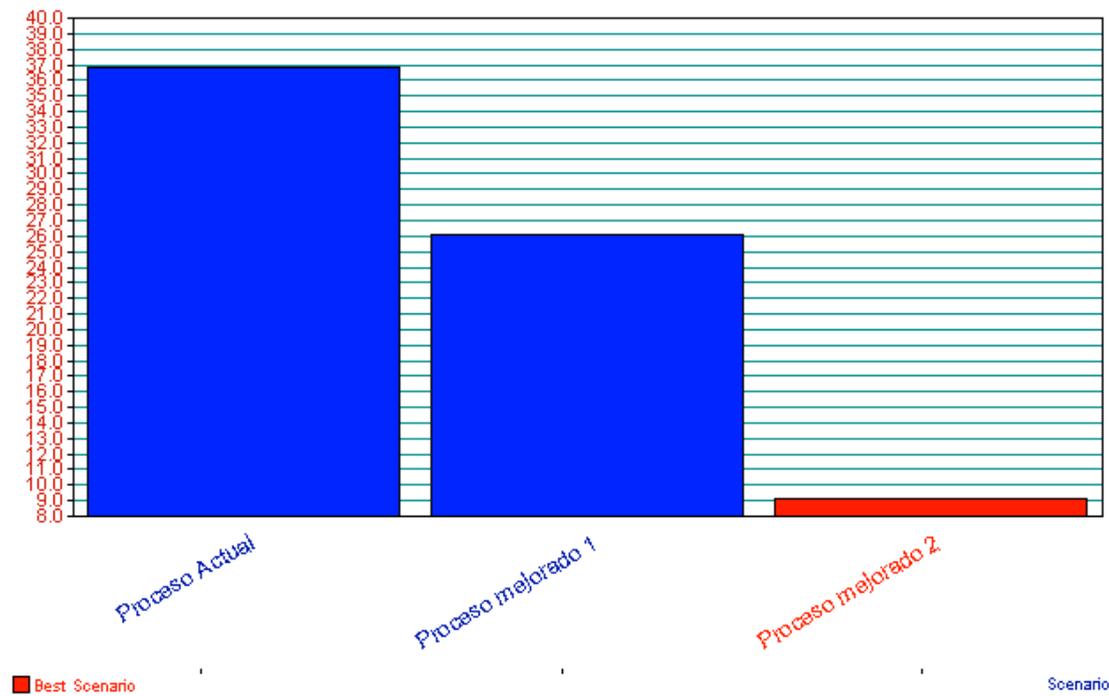
Retocador.Utilization by Scenario

Retocador.Utilization



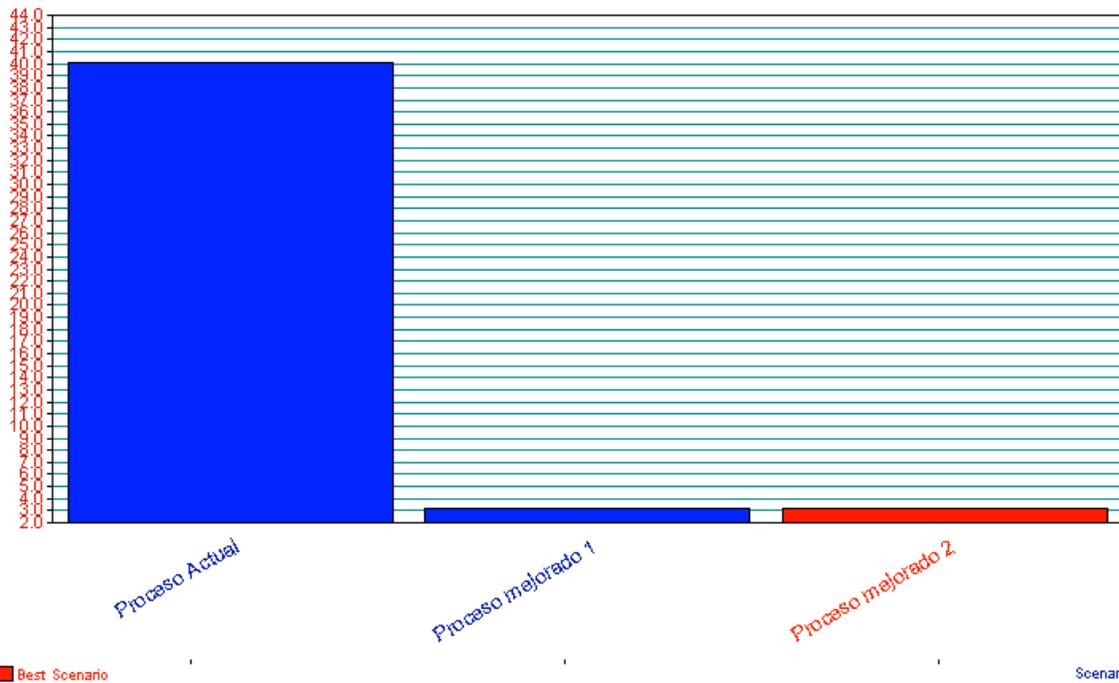
Lijado.Queue.WaitingTime by Scenario

Lijado.Queue.WaitingTime



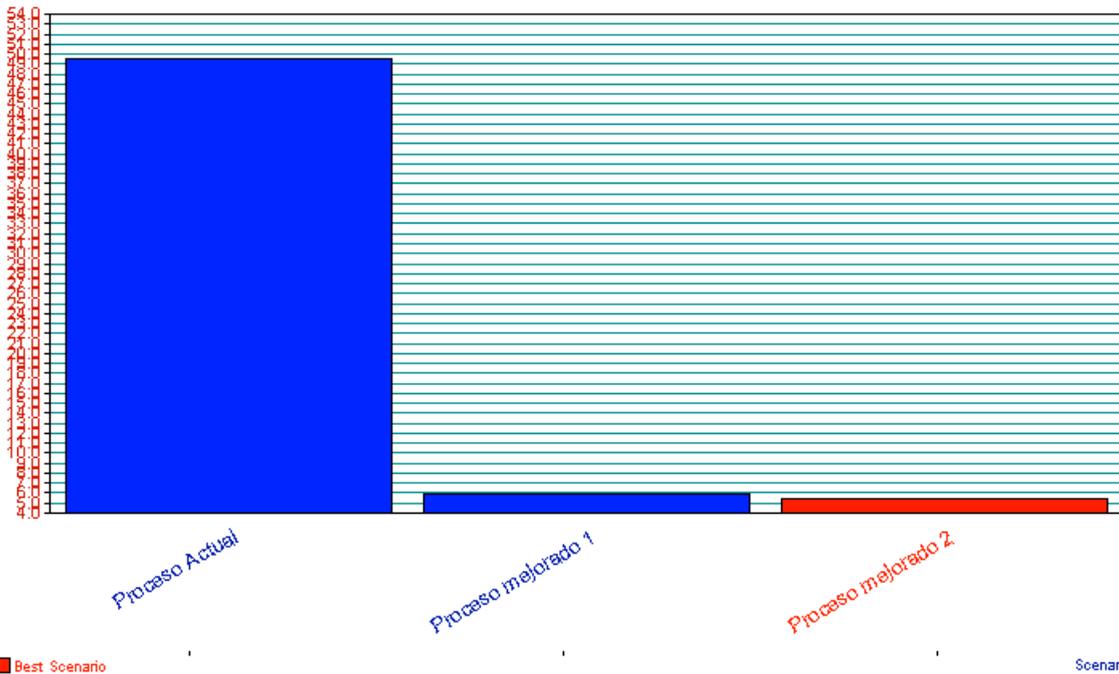
Igualado de color.Queue.WaitingTime by Scenario

Igualado de color.Queue.WaitingTime



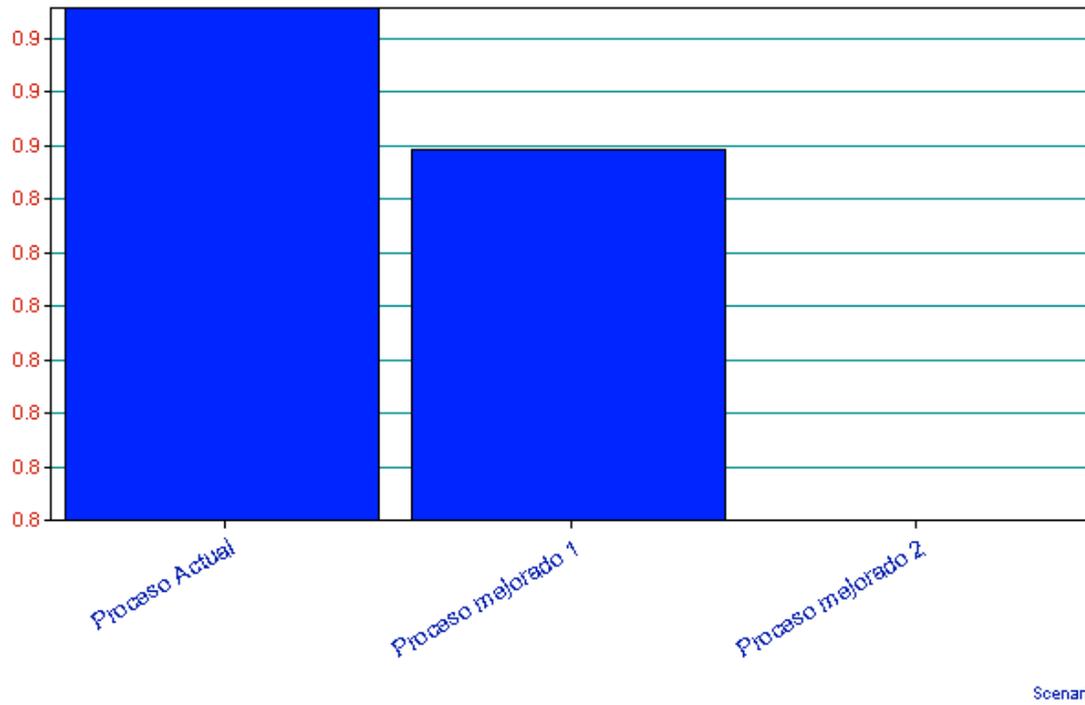
Pedidos en espera.Queue.WaitingTime by Scenario

Pedidos en espera.Queue.WaitingTime



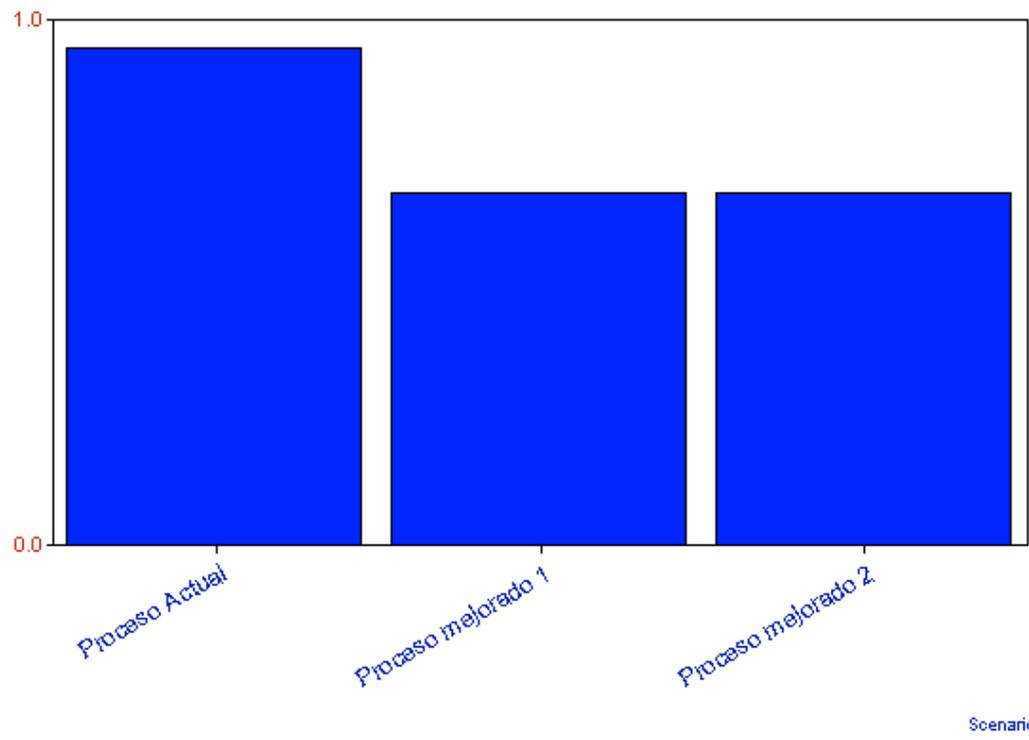
Lijador.Utilization by Scenario

Lijador.Utilization



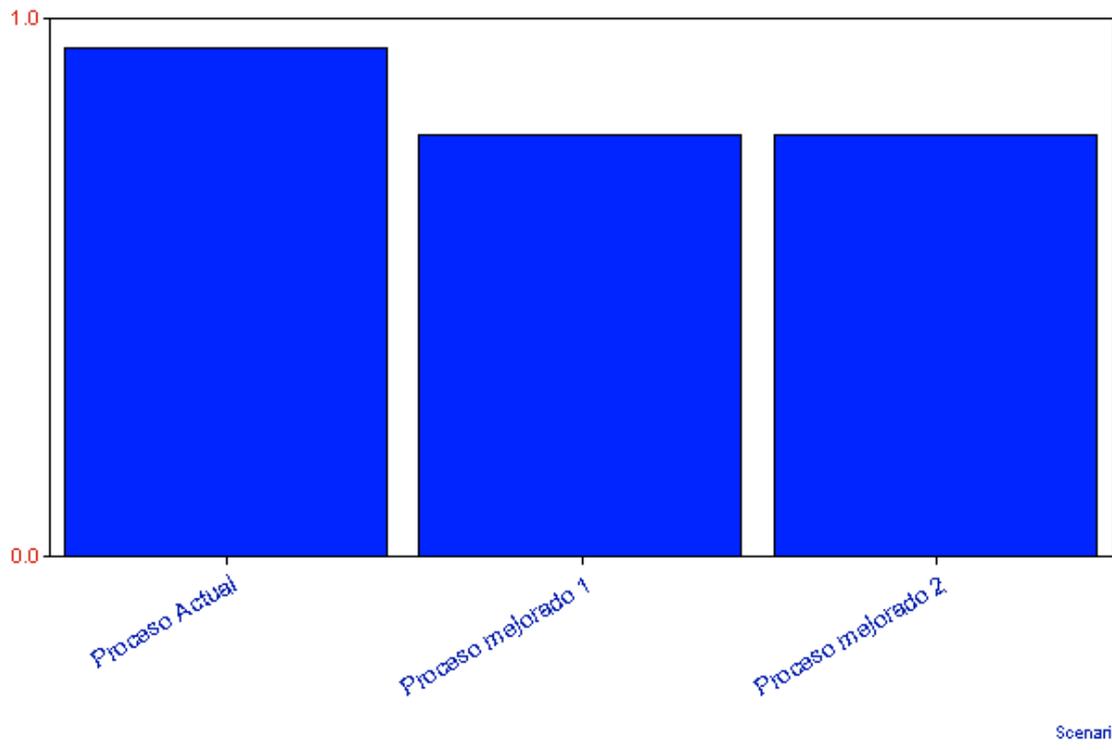
Igualador.Utilization by Scenario

Igualador.Utilization



Pintor.Utilization by Scenario

Pintor.Utilization



Fuente: Process Analyzer®

Realización: Propia

Anexo 19: Cálculo del salario básico de los trabajadores de AHCORP.

Básico	264
--------	-----

Hoja de Evaluación de Horas Suplementarias, Extraordinarias, Nocturnas										
	Horas trabajadas	Horas Normales	Sueldo Básico	Horas Suplementarias	Total valor hr. suplement.	Horas Extraordinarias	Horas Nocturnas	SUMA	Aporte Personal IESS (9.35%)	TOTAL SUELDO
Semana 1	44	40	US\$66.00	4	US\$9.92	0	0	US\$75.92		
Semana 2	44	40	US\$66.00	4	US\$9.92	0	0	US\$75.92		
Semana 3	44	40	US\$66.00	4	US\$9.92	0	0	US\$75.92		
Semana 4	44	40	US\$66.00	4	US\$9.92	0	0	US\$75.92		
Mensual	176	160	US\$264.00	16	US\$39.68	0	0	US\$303.68	US\$28.39	US\$275.29

Código del Trabajo Art. 55: Hora Suplementaria: Después de la jornada ordinaria, máximo 4 horas al día y 12 horas a la semana. Incremento del sueldo por hora suplementaria de 50% hasta las 24H00, 100% desde 01H00 a 06H00. (IESS)

Costo Hora Suplementaria	US\$2.48
Costo Hora Extraordinaria	US\$3.30
Recarga por hora nocturna	US\$0.41

	Valor Mensual
Fondo Reserva	US\$25.29
Aportación Personal	US\$28.39
Aportación patronal	US\$36.89
Décimo cuarto	US\$22.00
Décimo tercero	US\$12.65
Vacaciones	US\$12.65
SUELDO	US\$275.29
COSTO MENSUAL POR TRABAJADOR	US\$413.16

Anexo 21: cálculo del tamaño de muestra para a intensidad de color del mueble.

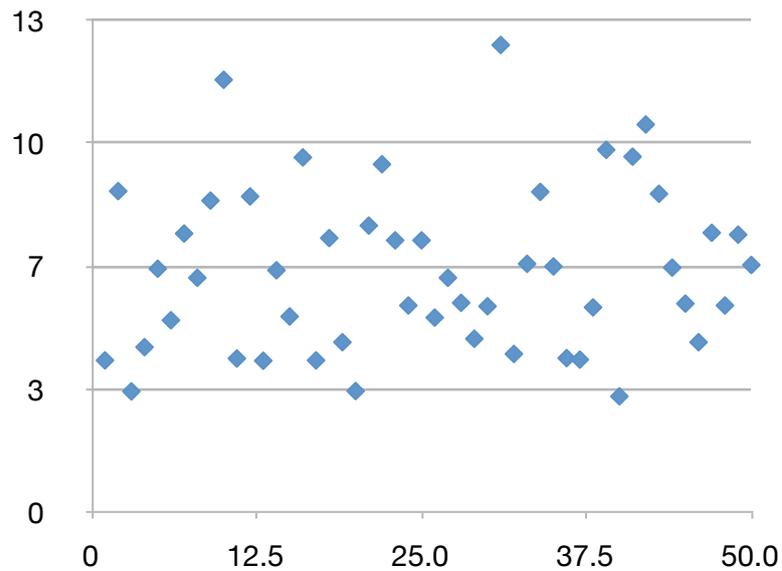
Datos de prueba piloto	
11	
9	
8	
11	
7	
11	
12	
9	
9	
7	
15	
9	
10	
15	
15	
15	
14	
15	
11	
14	
8	
9	
8	
12	
9	
9	
12	
9	
13	
13	
8	
14	
13	
10	
7	
Media	10.27
Desviación Std.	2.654
% Error	1%
% Error * Media	0.10
Z_(0.05)	1.96
No	2568
N	615
N muestra	496

Fuente: AHCORP

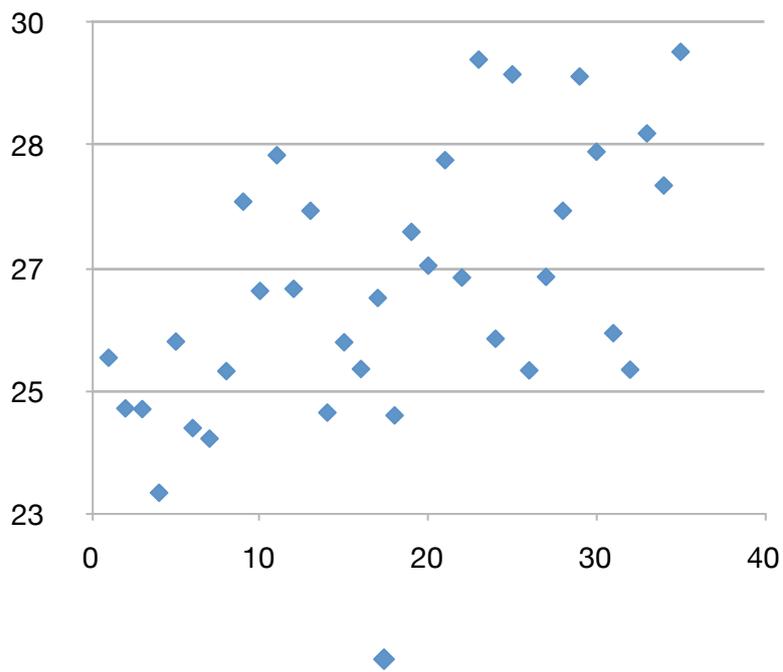
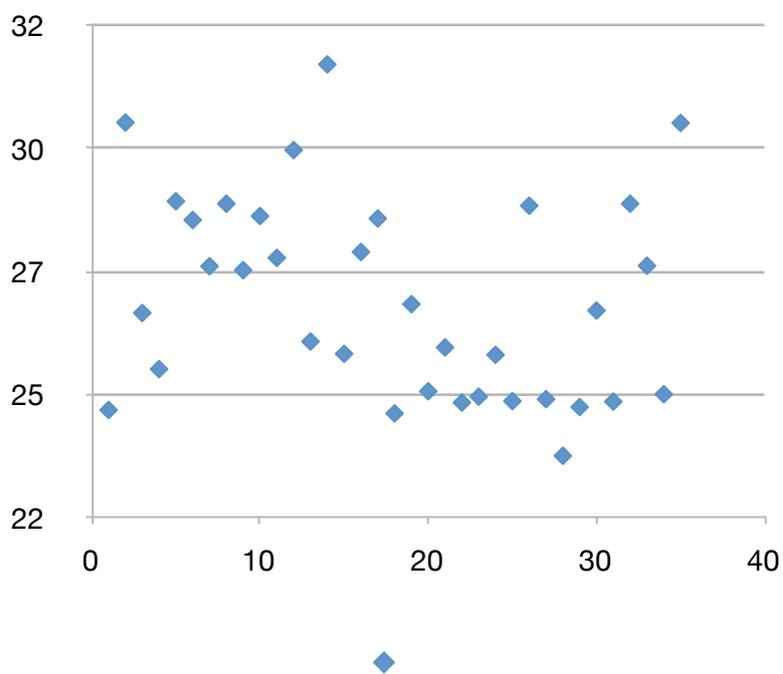
Realización: Propia

Anexo 22: Diagramas de dispersión para los datos de entrada de la simulación.

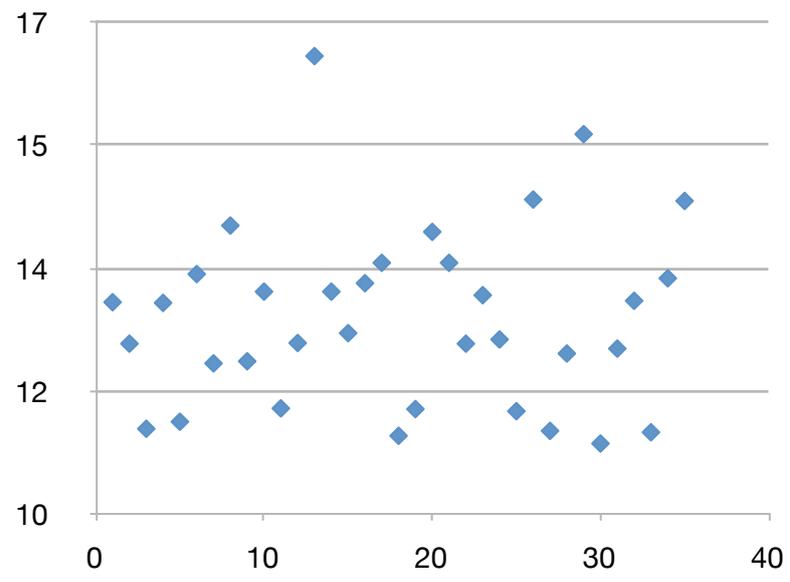
◆ Gráfico de dispersión para tiempo entre arribo



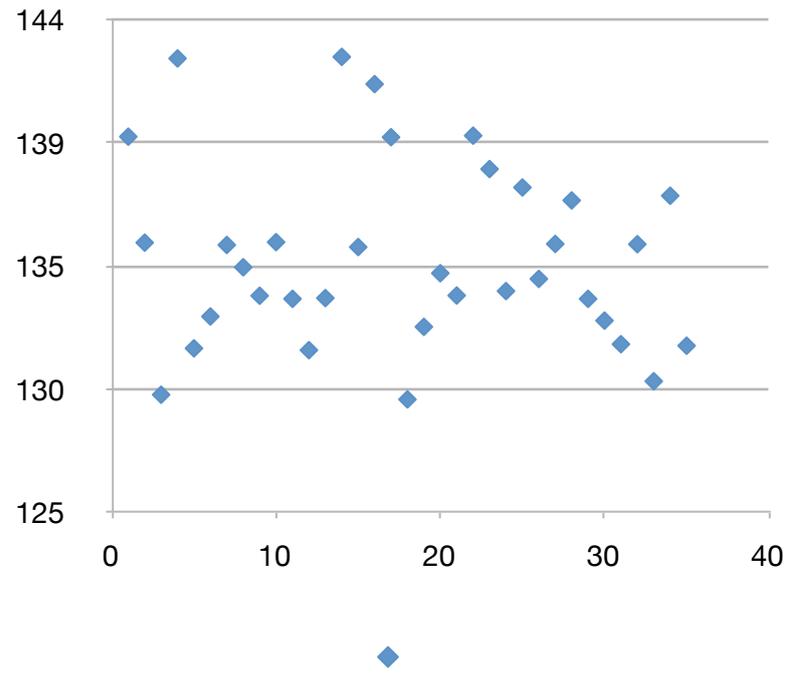
Los diagramas a continuación representan una prueba de aleatoriedad para los datos de entrada de la simulación. Cada diagrama lleva un título que representa al tipo de mueble seguido por el subproceso donde fueron tomados los datos. Por ejemplo “Silla clásica - Lijado”; esto quiere decir que el diagrama de dispersión pertenece a los datos tomados para el mueble Silla clásica en el proceso de lijado.

Aparador - tinte**Aparador - Igualado**

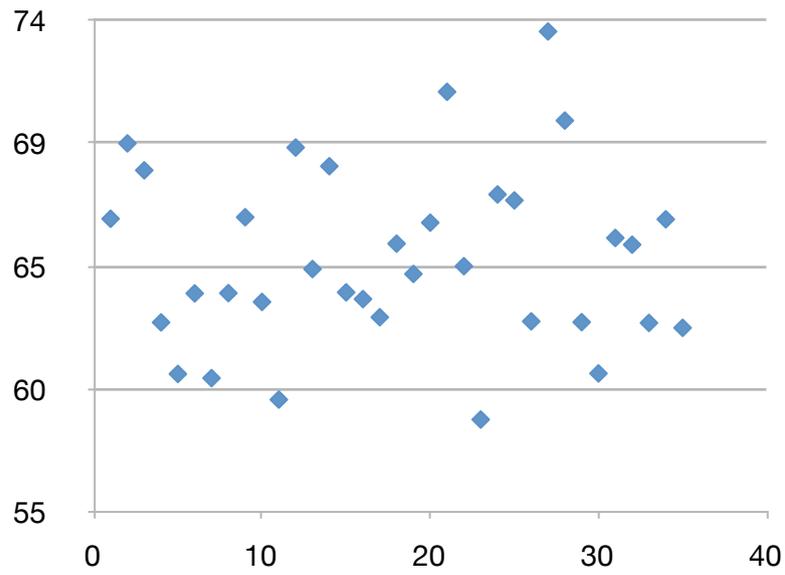
Aparador Sellado



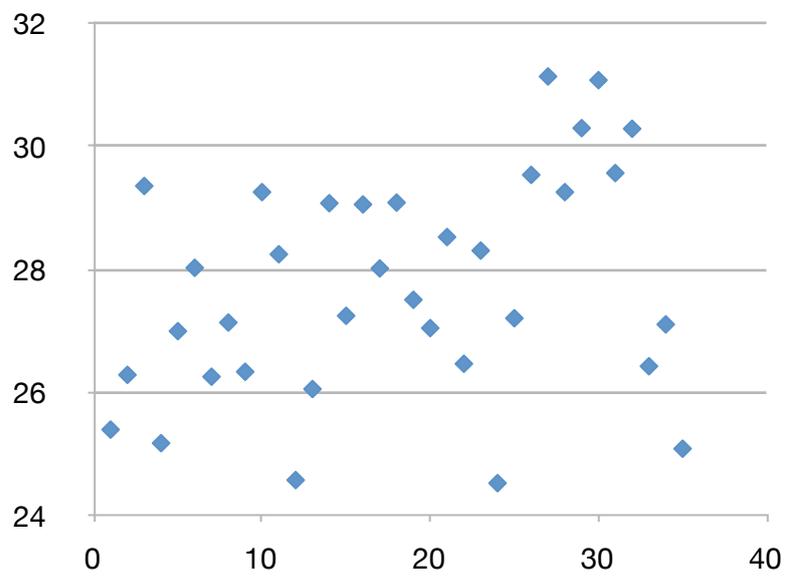
Aparador - Lijado

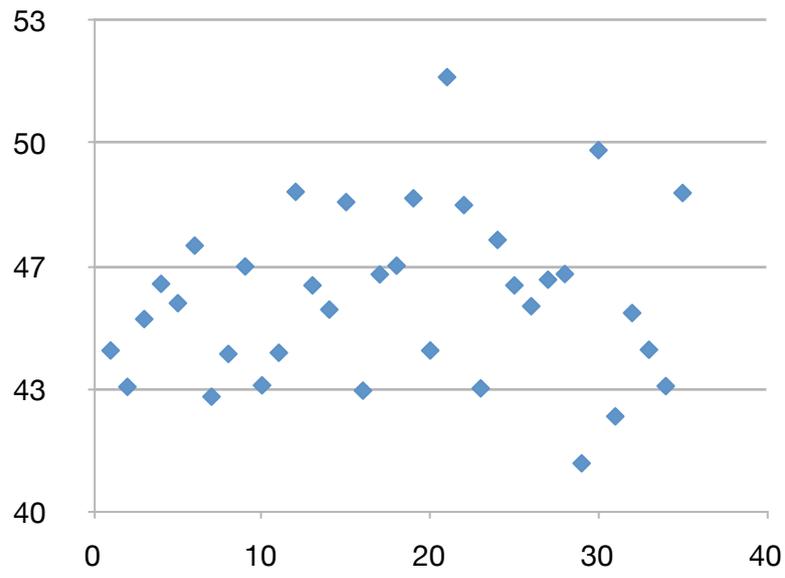


Aparador - Retoque

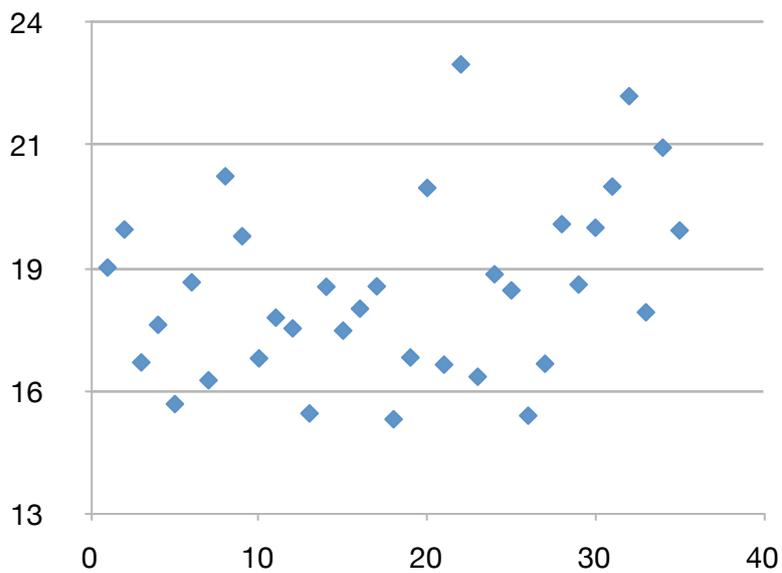


Aparador - Lacado

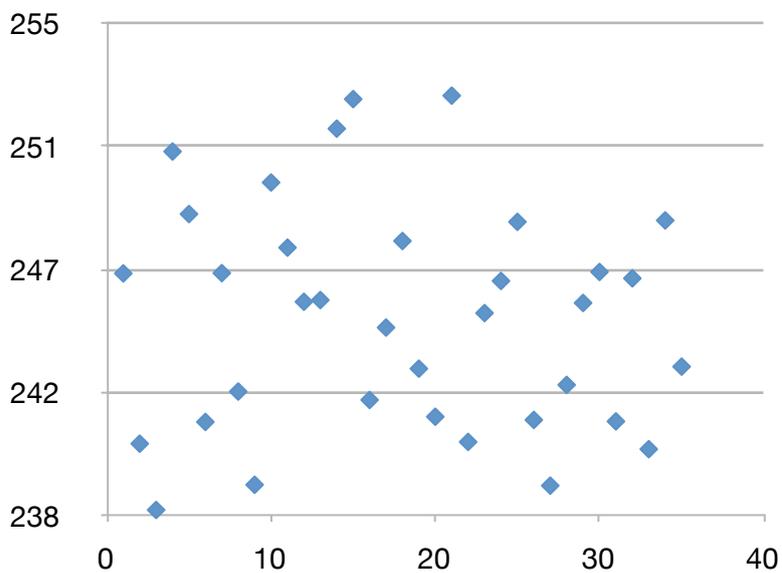


Librero - Tinte

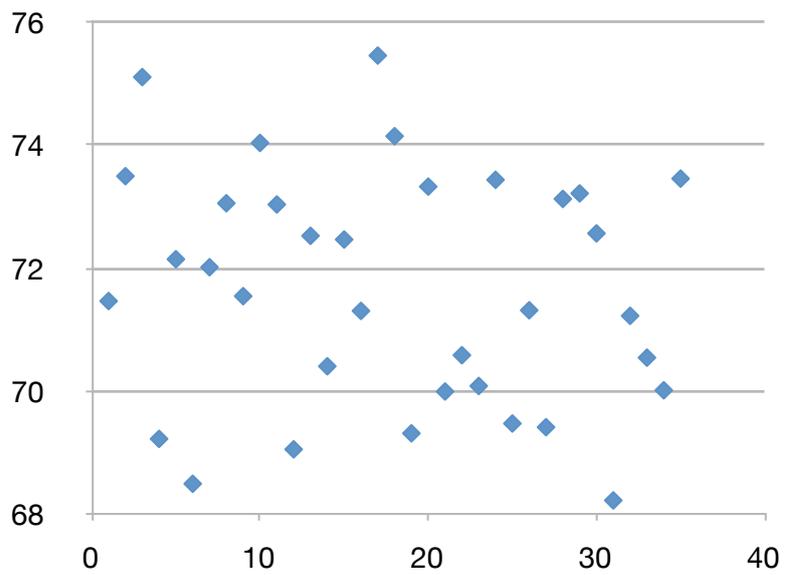
Librero Sellado



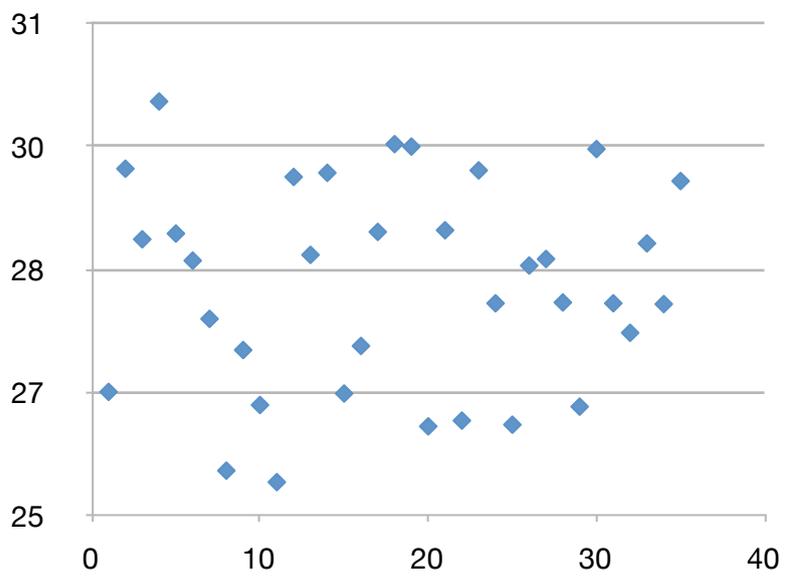
Librero - Lijado



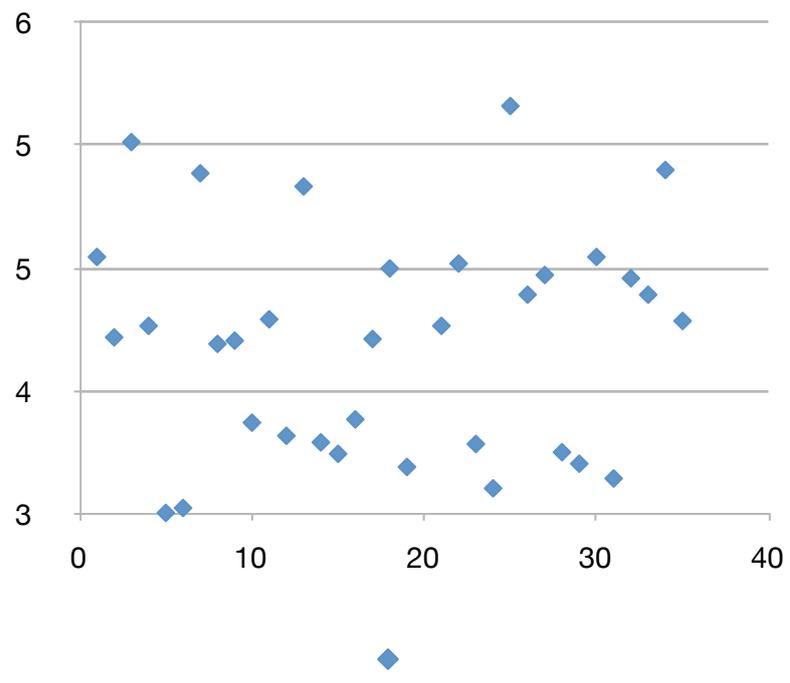
Librero - Retoque



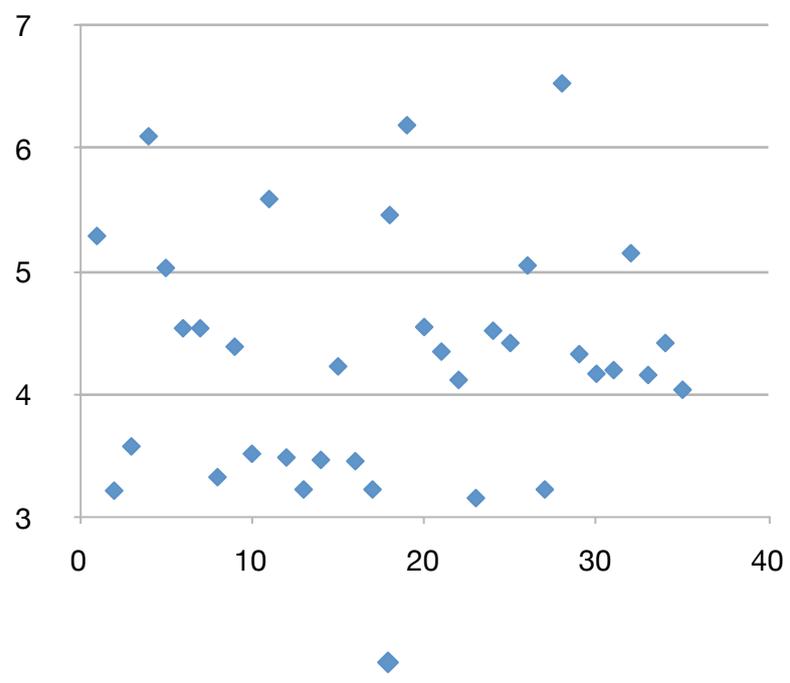
Librero - Lacado

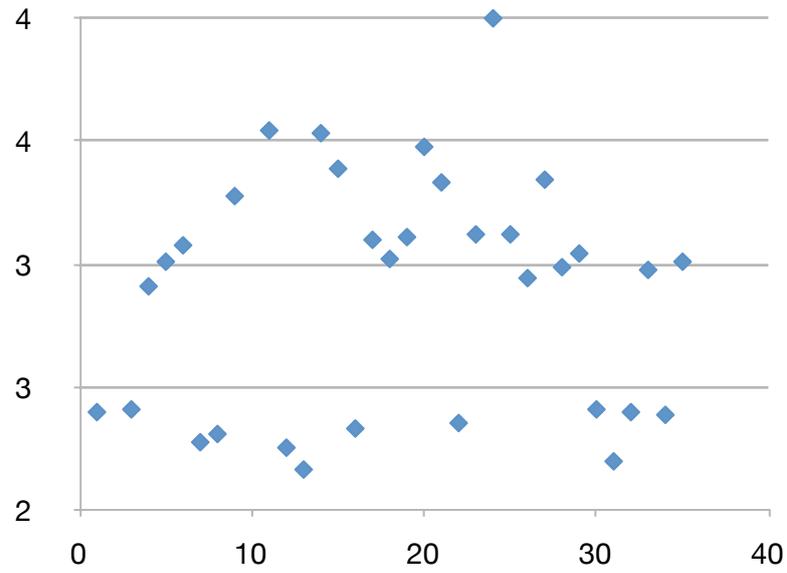
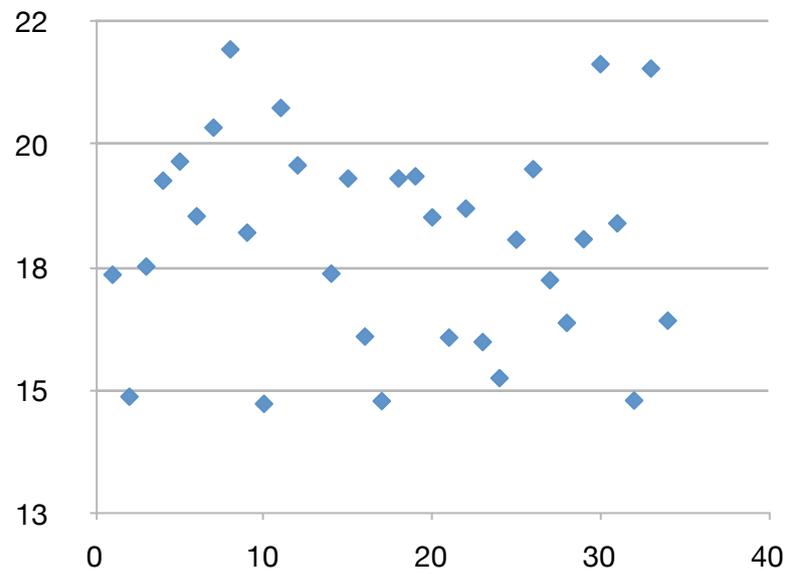


Silla clásica - Tinte

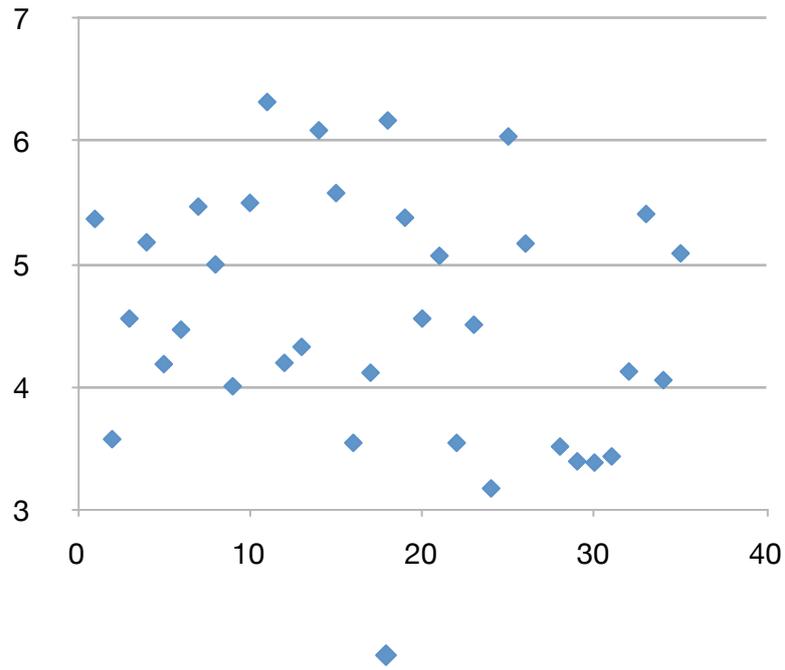


Silla clásica - Igualado

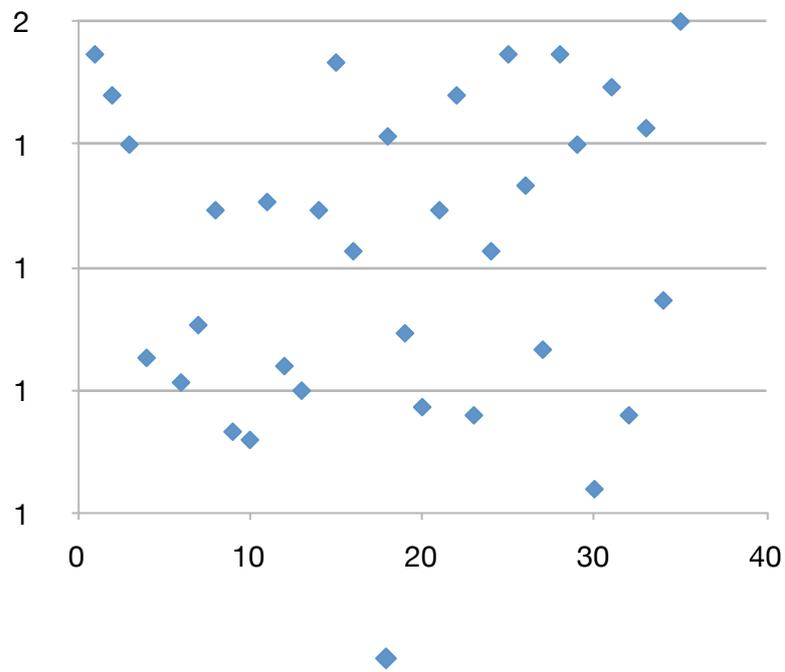


Silla clásica - Sellado**Silla clásica - Lijado**

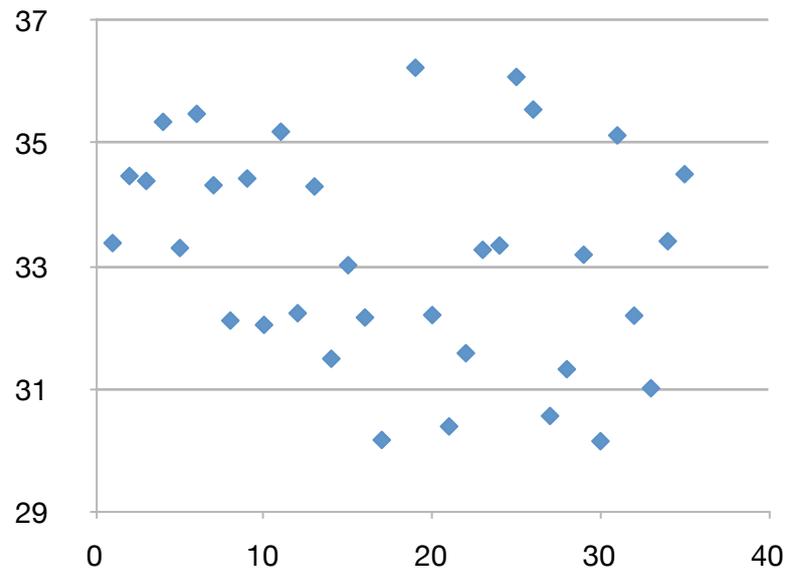
Silla clásica - Retoque



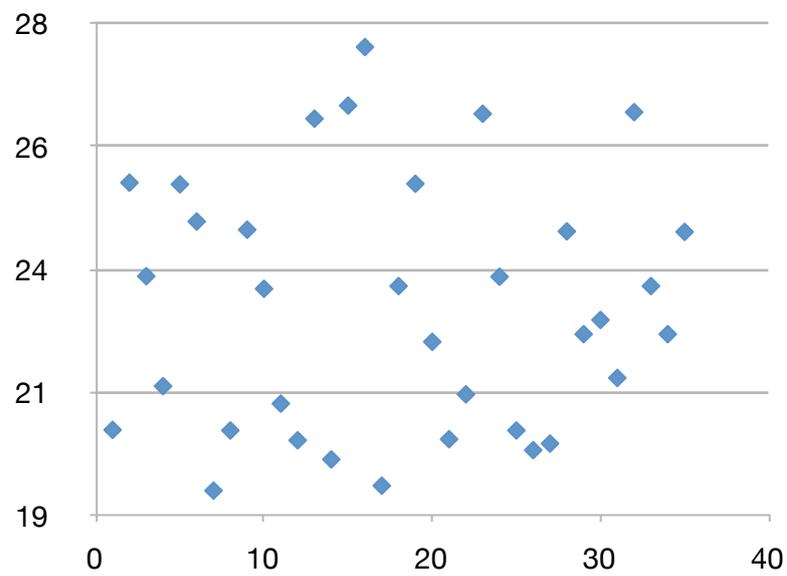
Silla clásica - Lacado

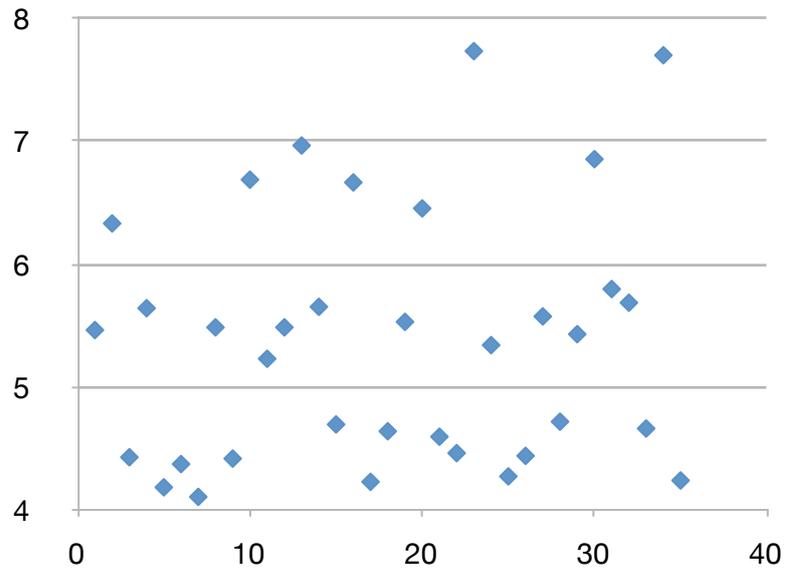
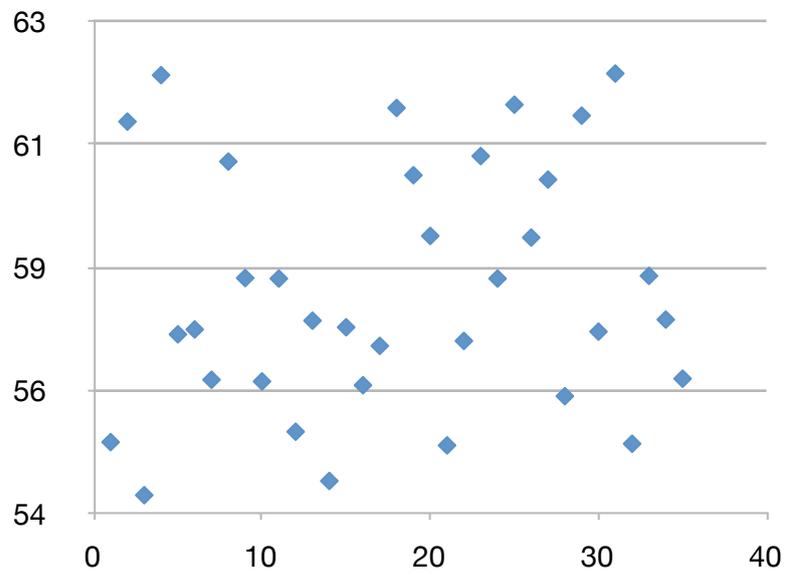


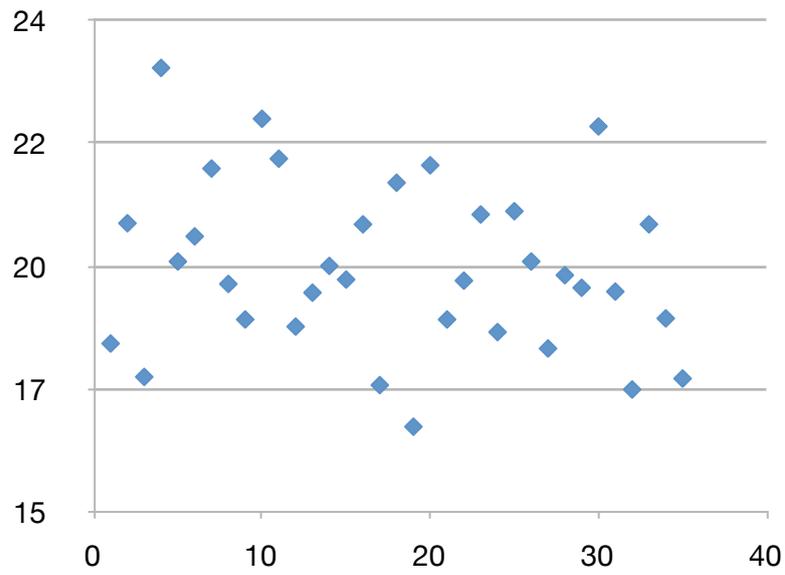
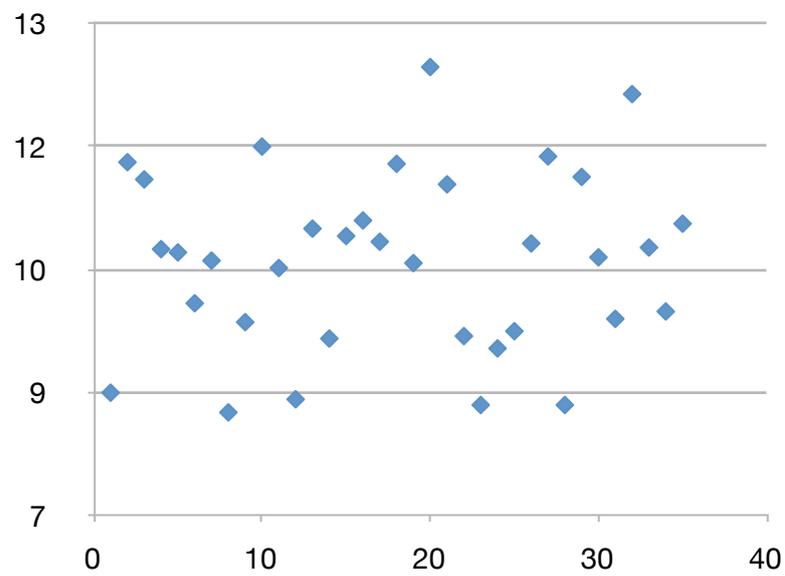
Mesa Central - Tinte



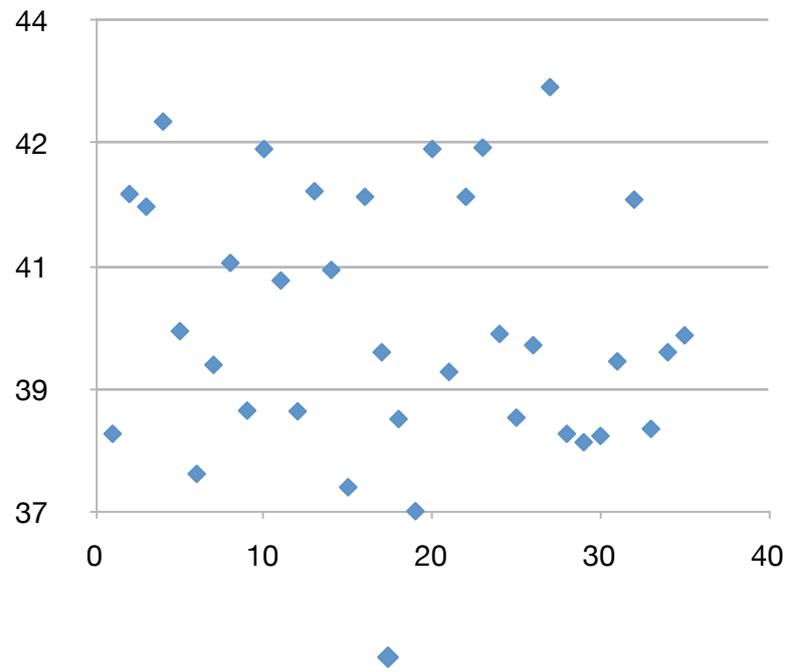
Mesa Central - Igualado



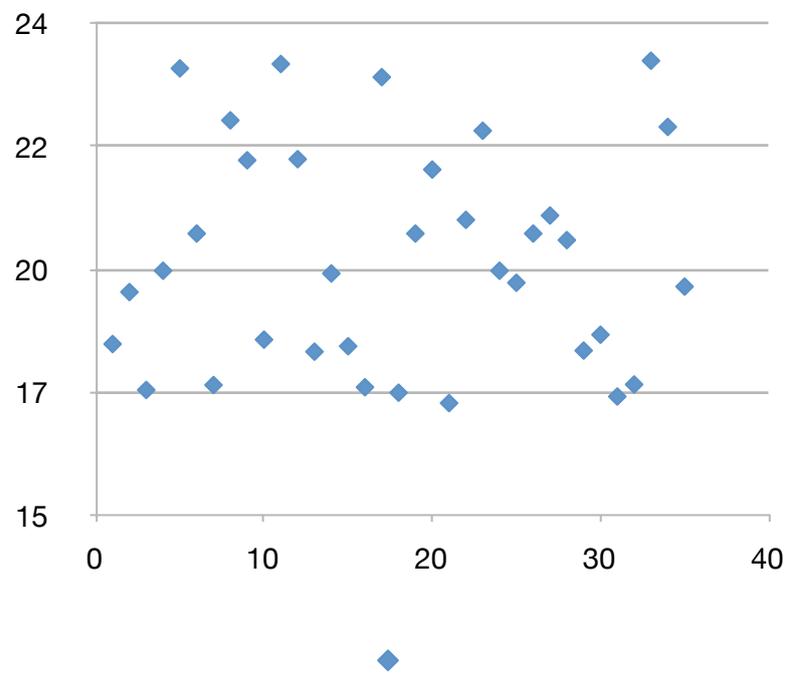
Mesa Central - Sellado**Mesa Central - Lijado**

Mesa Central - Retoque**Mesa Central - Lacado**

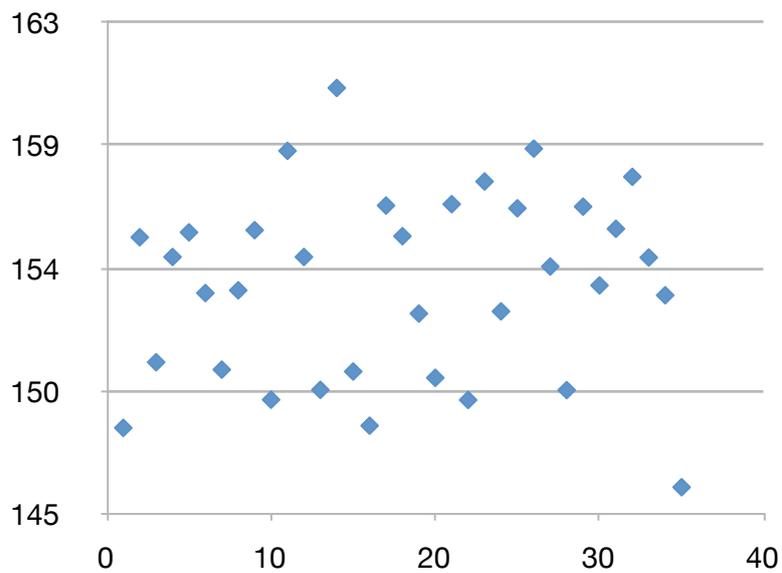
Mesa Comedor - Tinturado



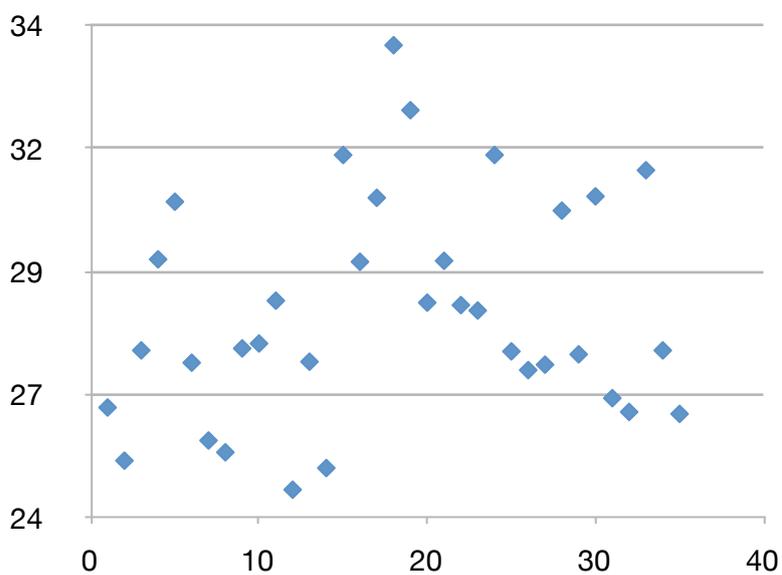
Mesa Comedor - Igualado

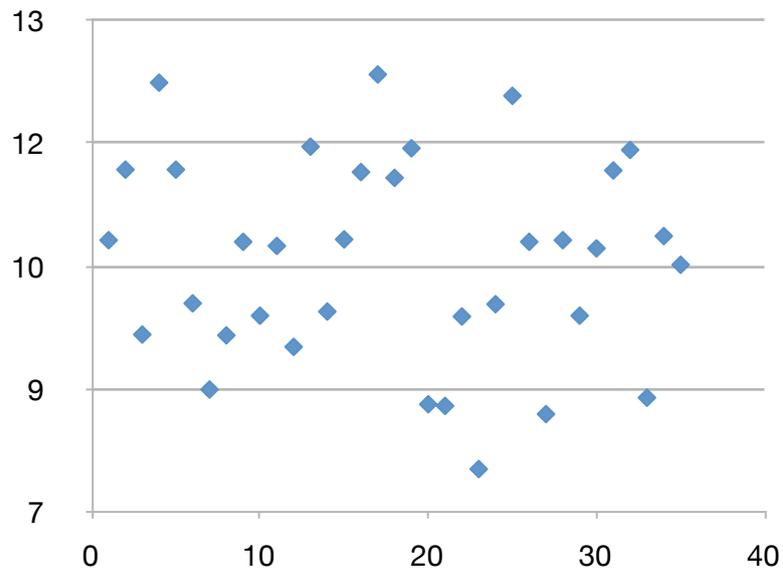
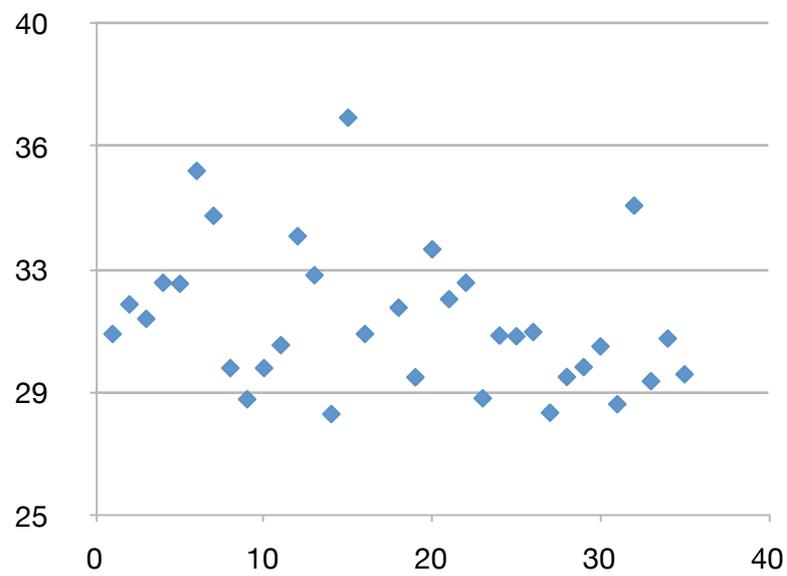


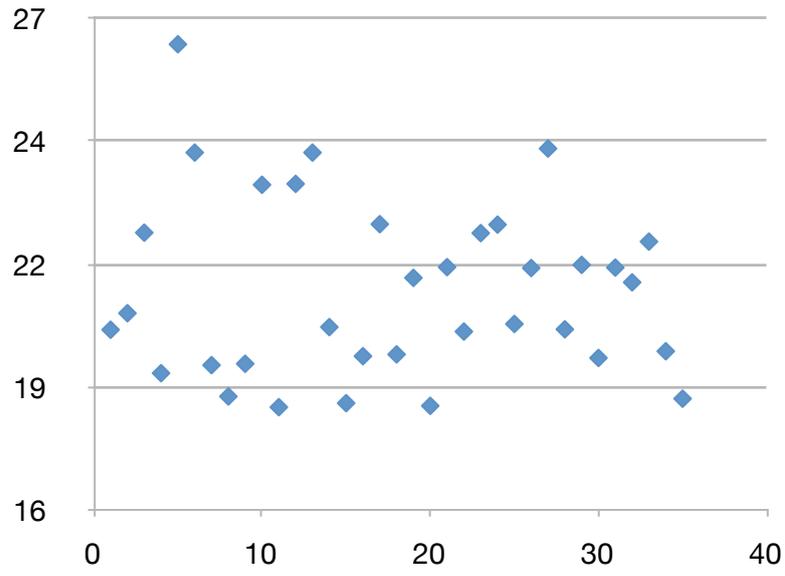
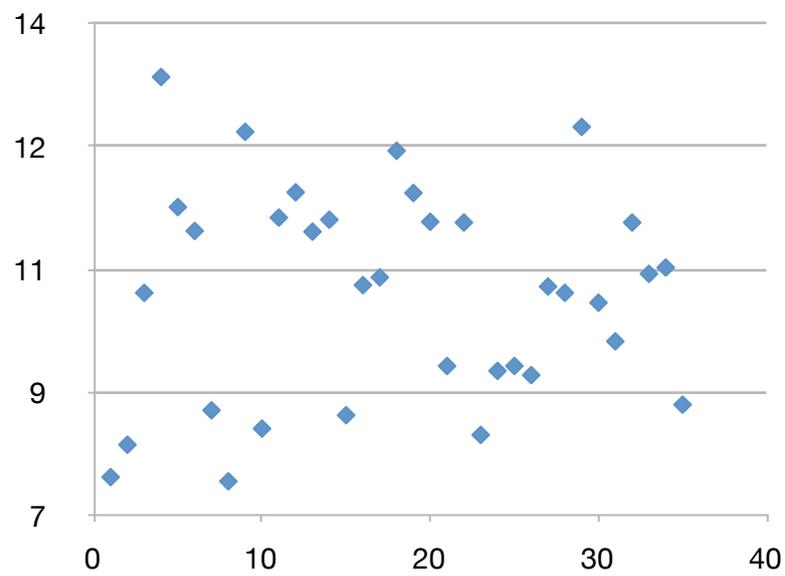
Mesa Comedor - Lijado



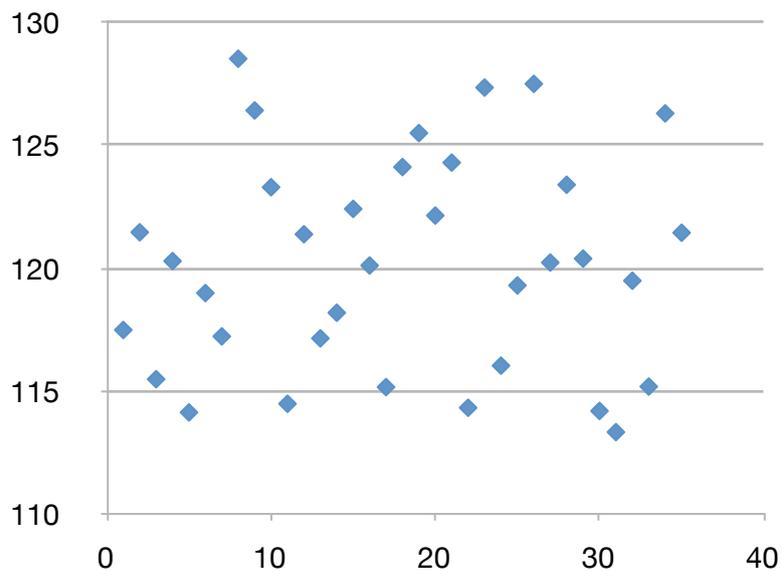
Mesa Comedor - Retoque



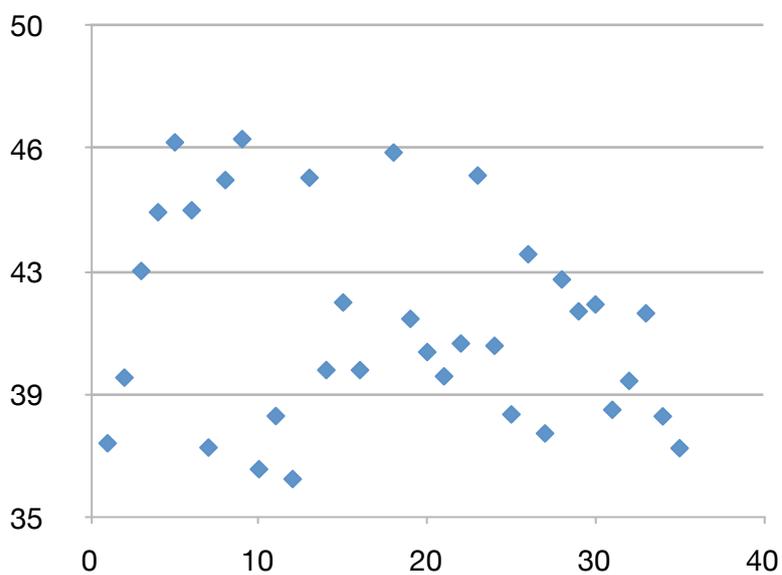
Mesa Comedor - Lacado**Modular - Tinturado**

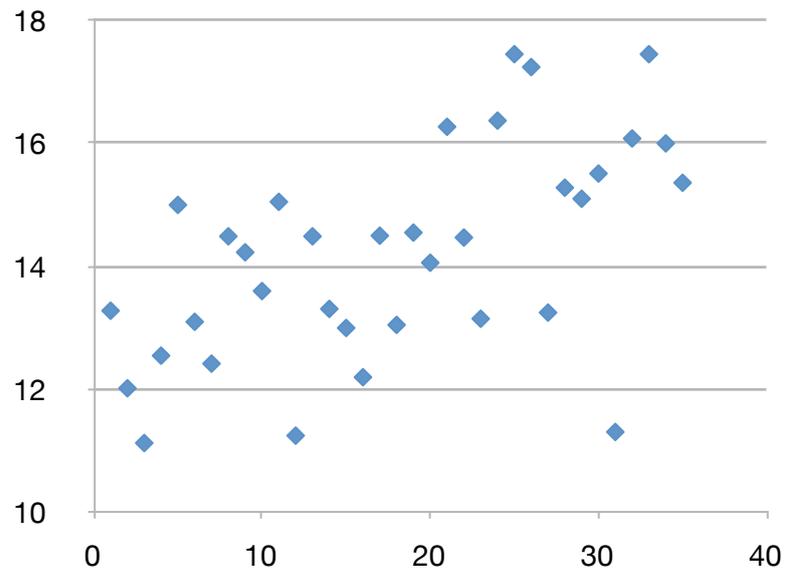
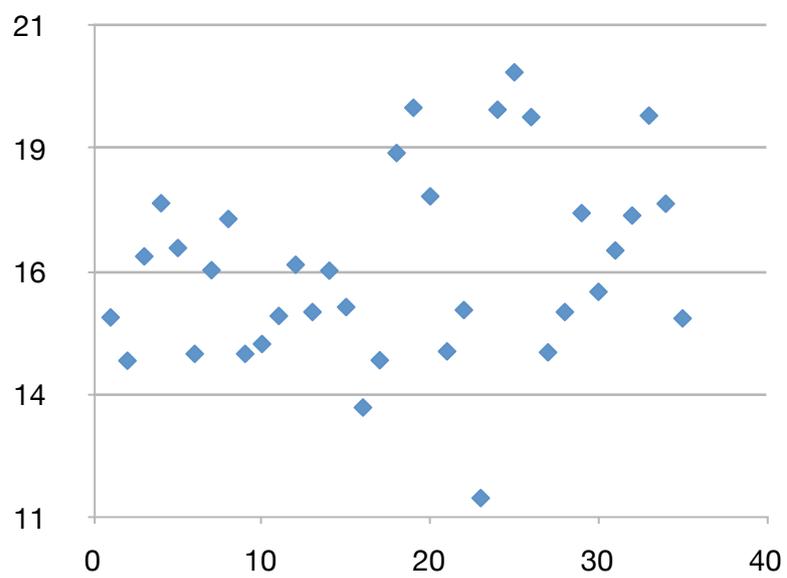
Modular - Igualado**Modular - Sellado**

Modular - Lijado

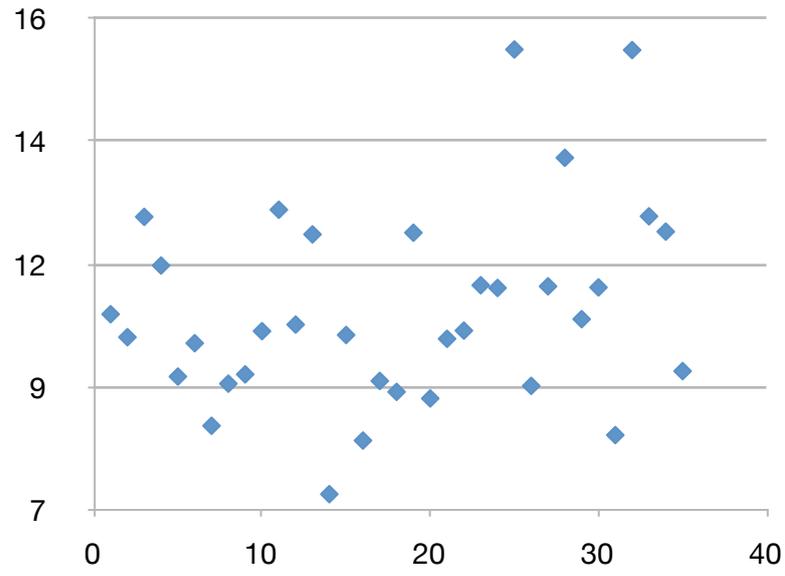


Modular - Retoque

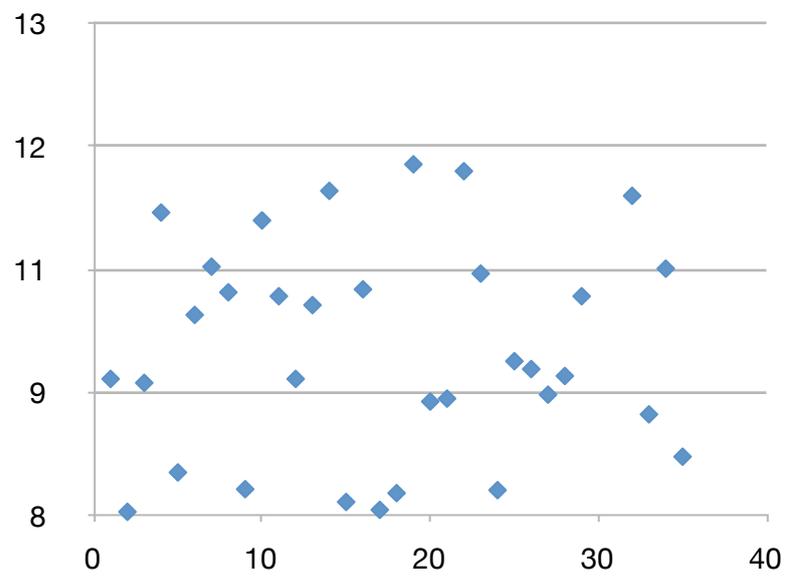


Modular - Lacado**Sofá - Tinturado**

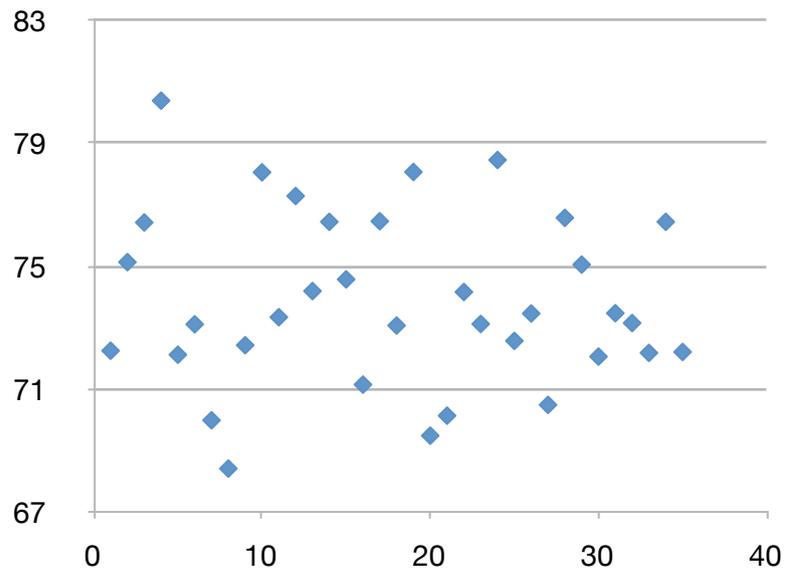
Sofá - Igualado



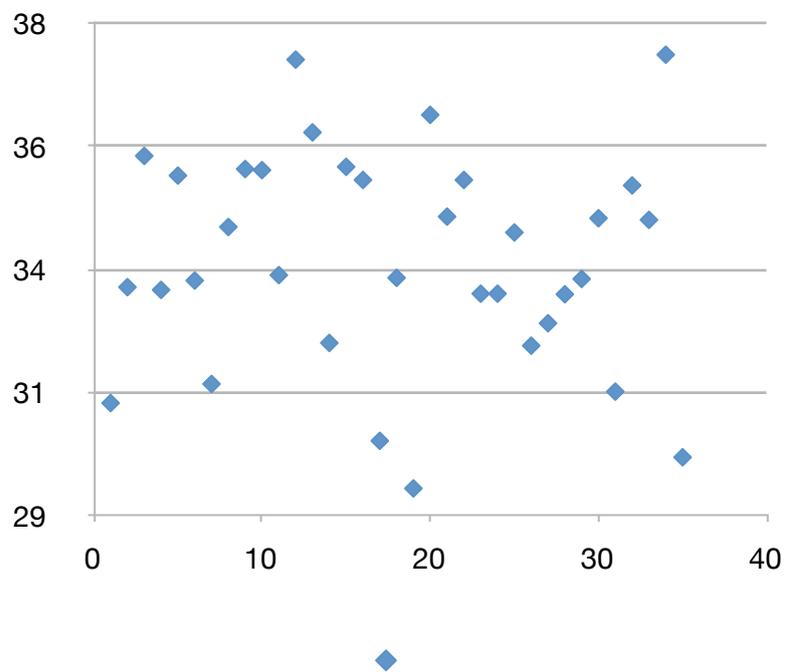
Sofá - Sellado



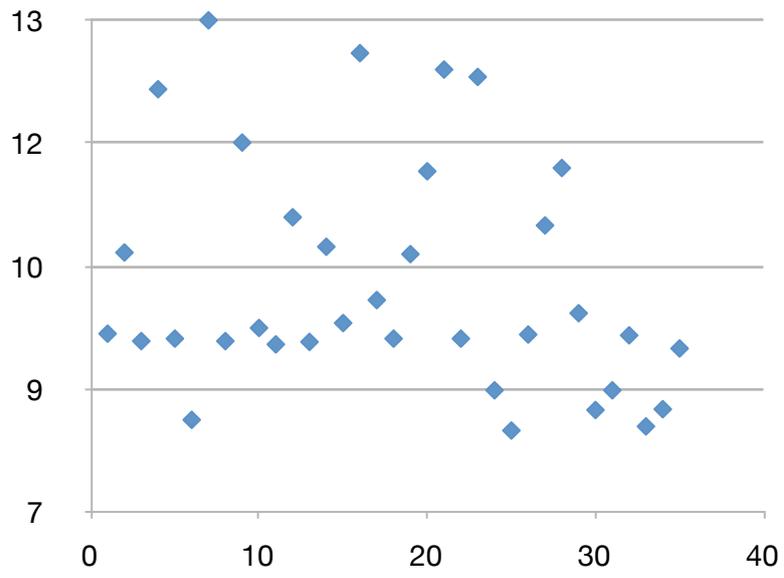
Sofá - Lijado



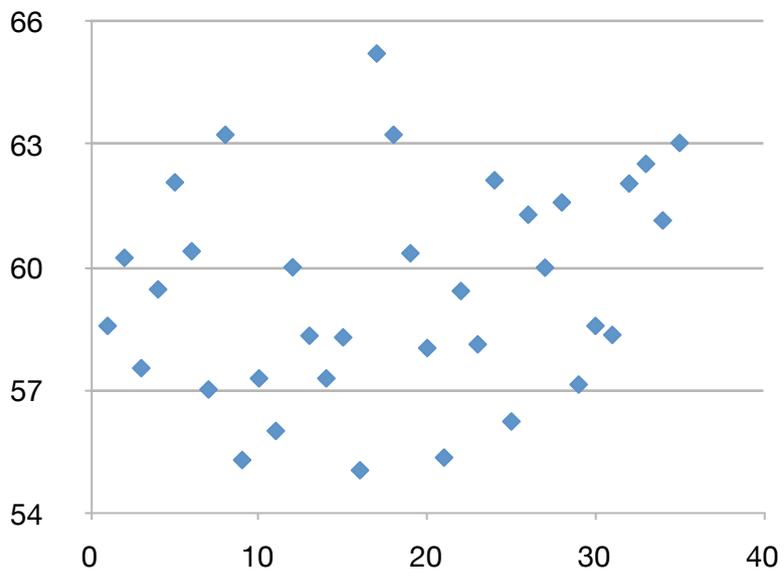
Sofá - Retoque



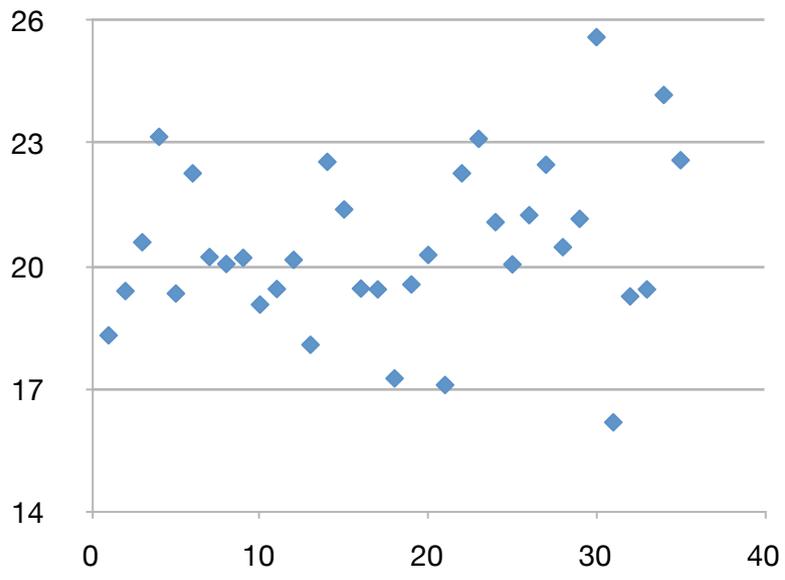
Sofá - Lacado



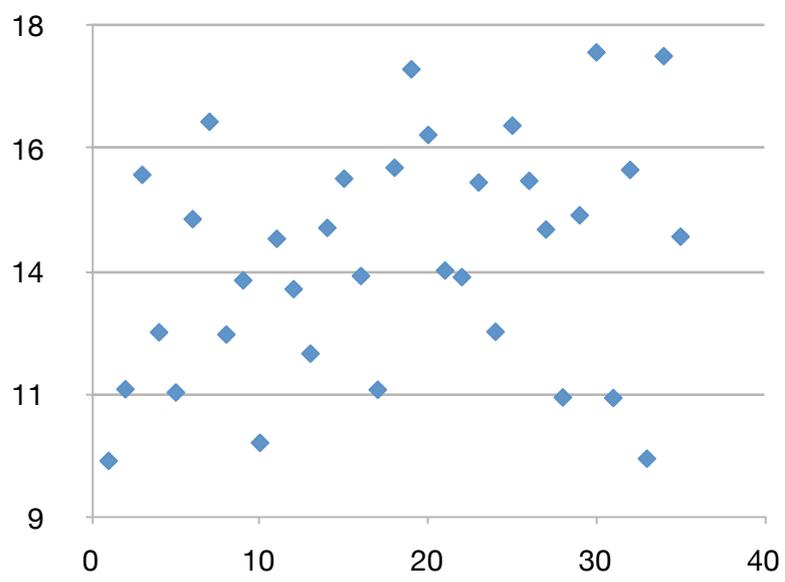
Velador - Tinturado



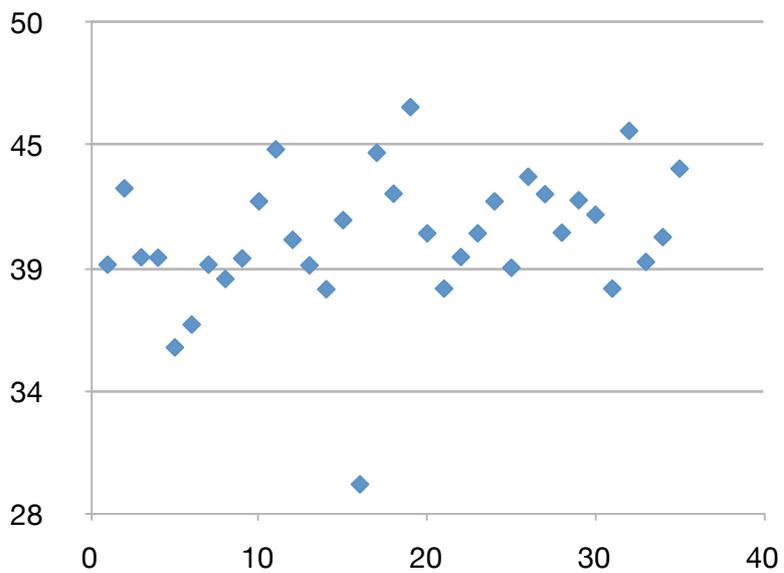
Velador - Igualado



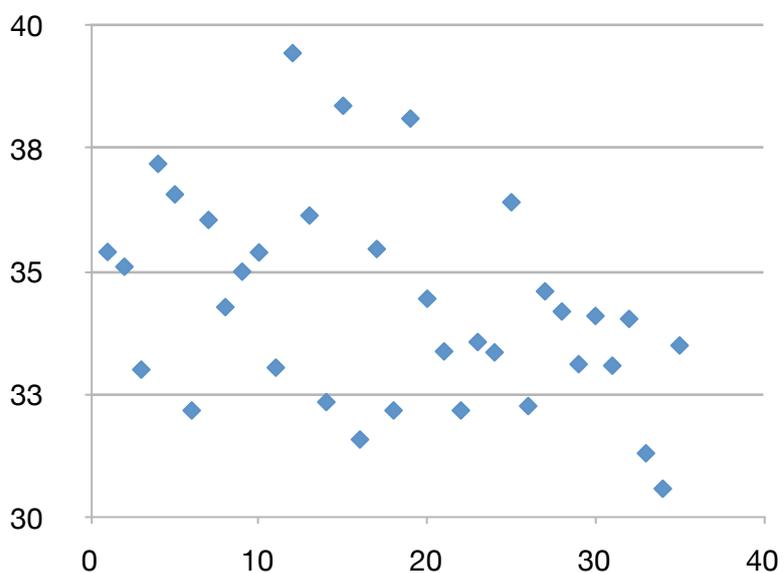
Velador - Sellado



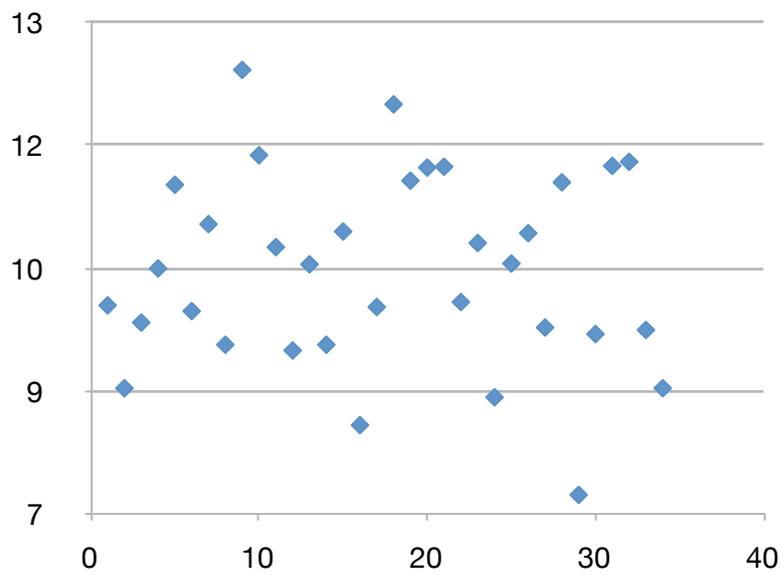
Velador - Lijado



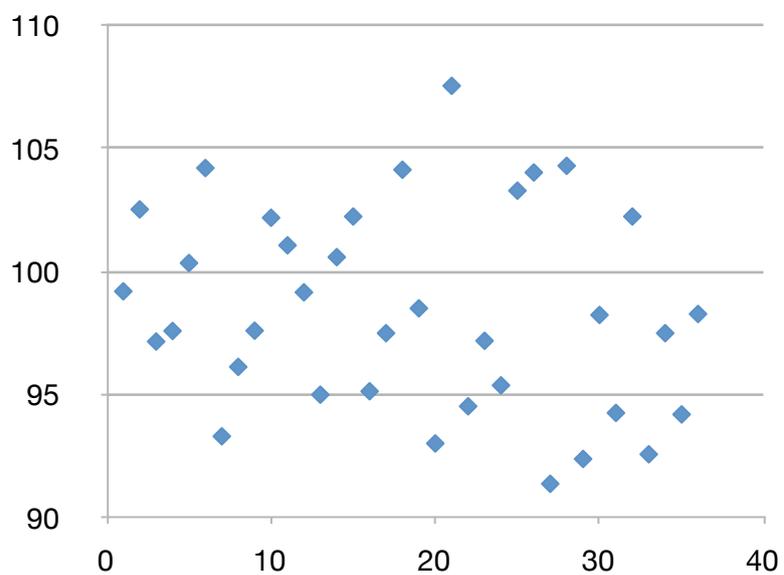
Velador - Retoque



Velador - Lacado

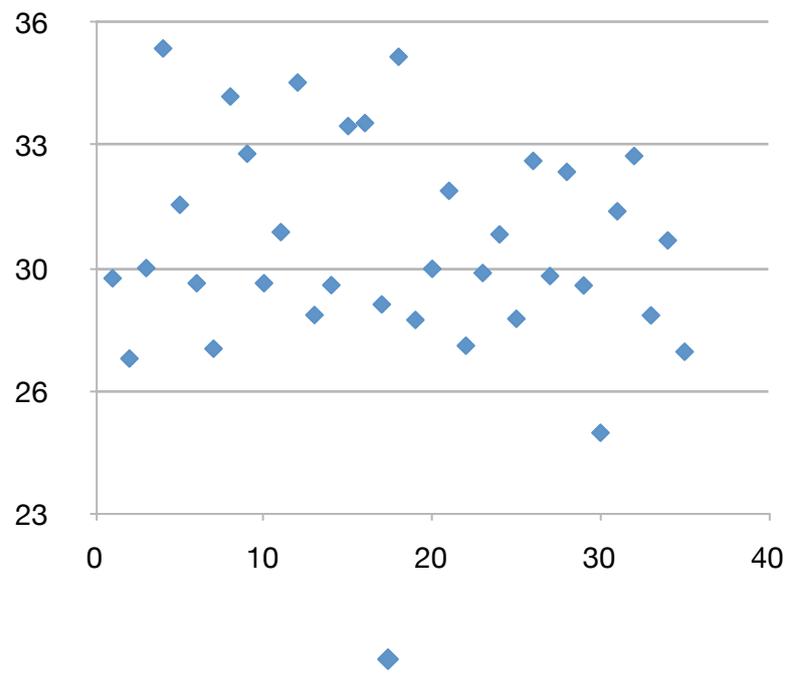


Cama - Tinturado

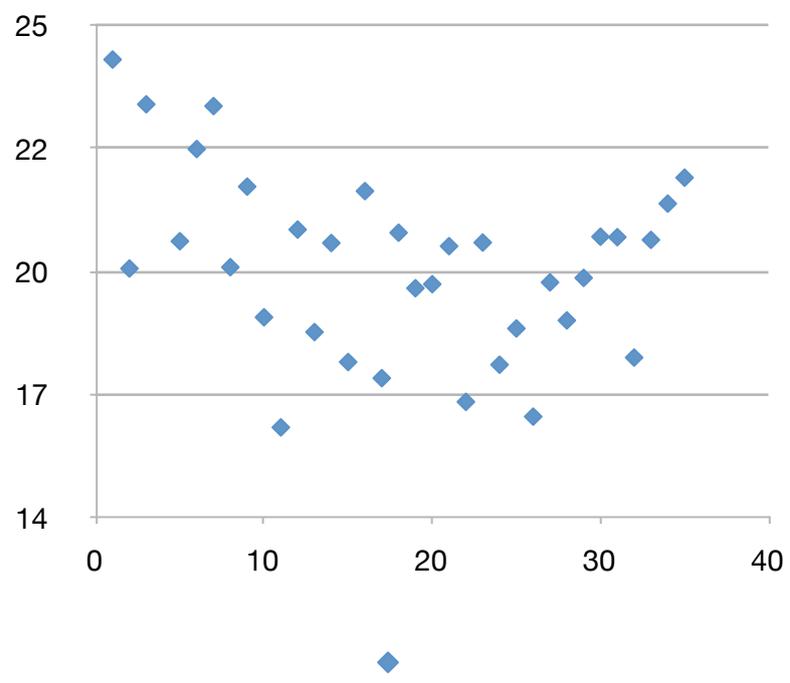


◆ Cama

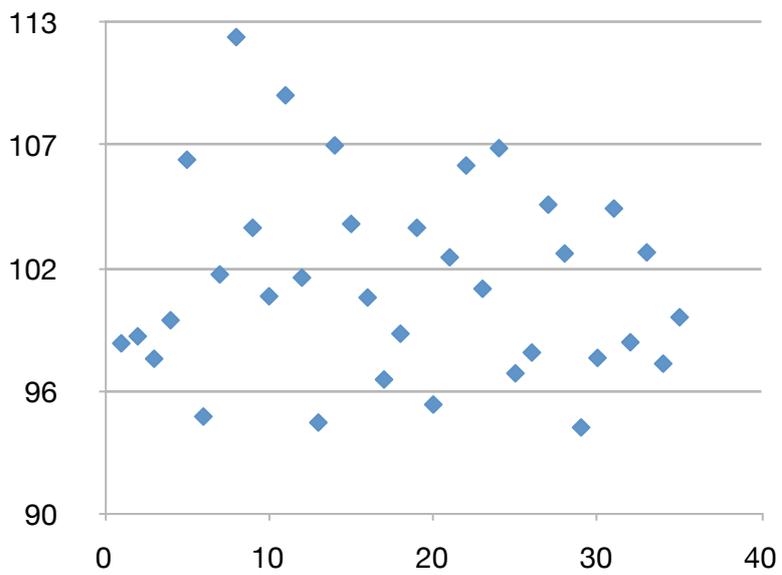
Cama - Igualado



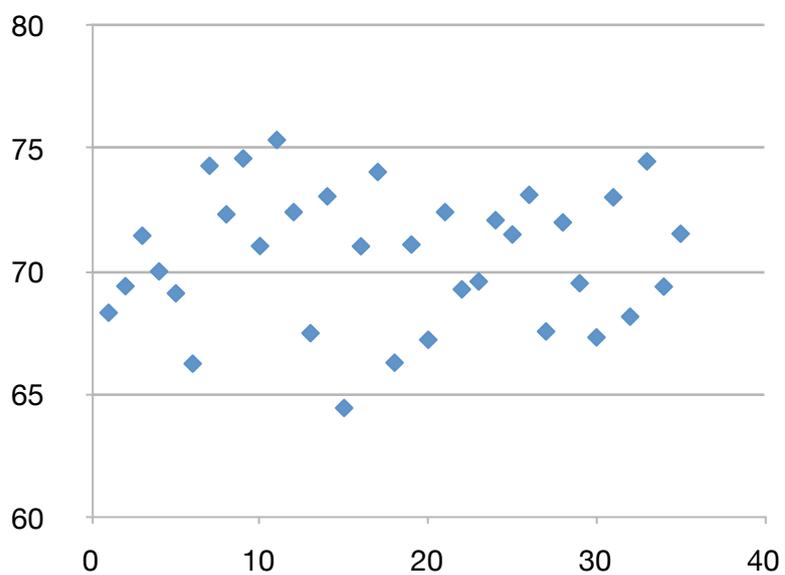
Cama - Sellado



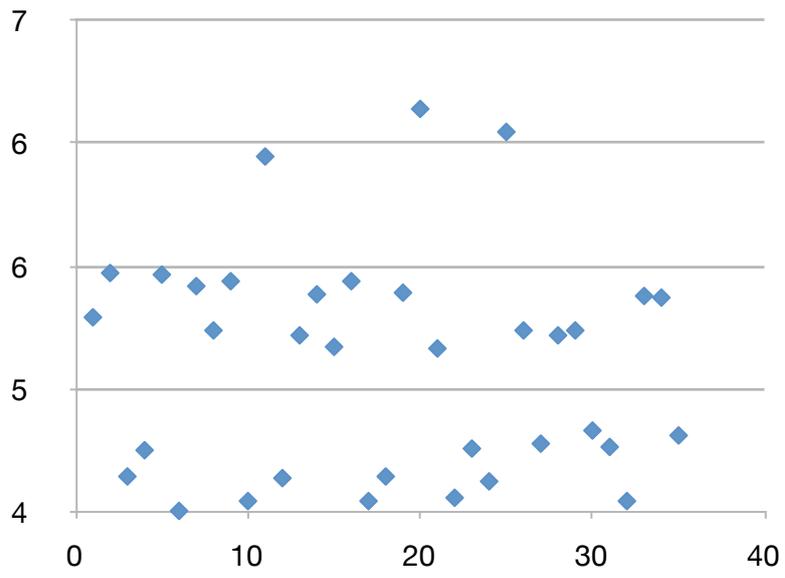
Cama - Lijado



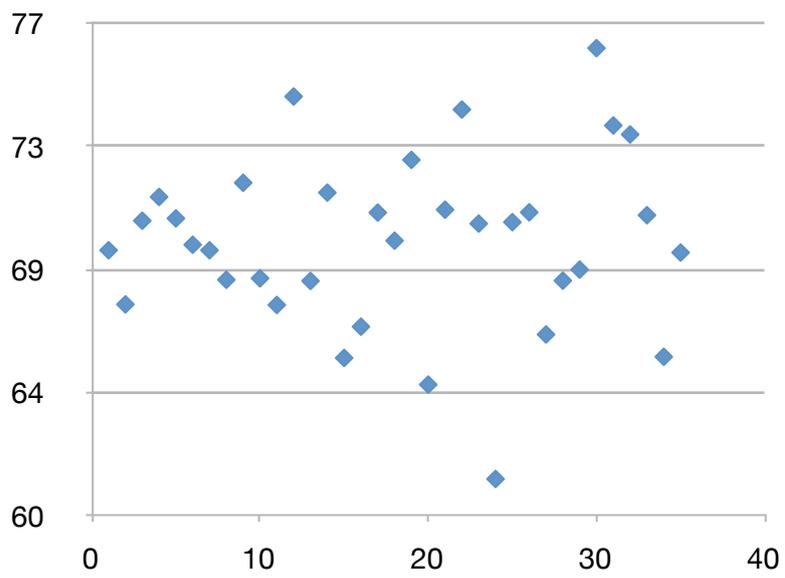
Cama - Retoque

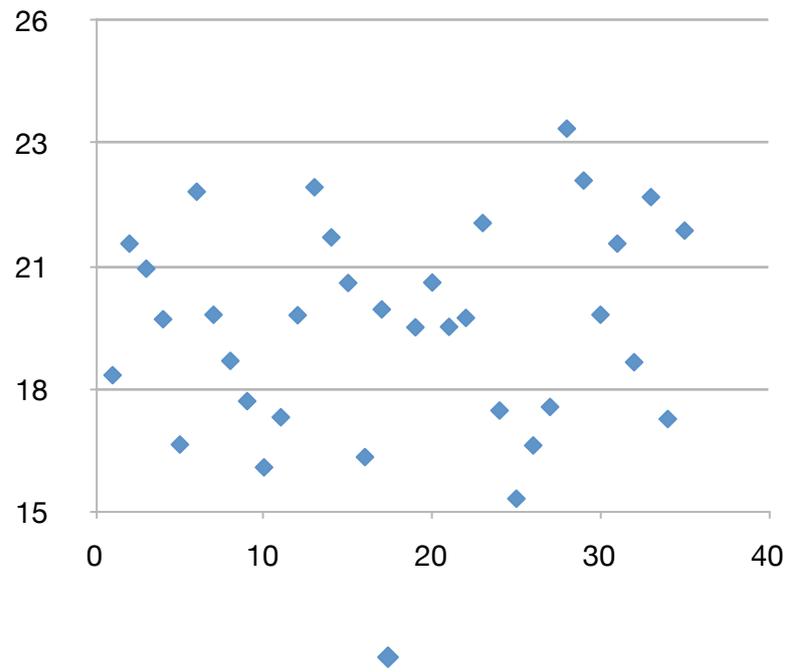
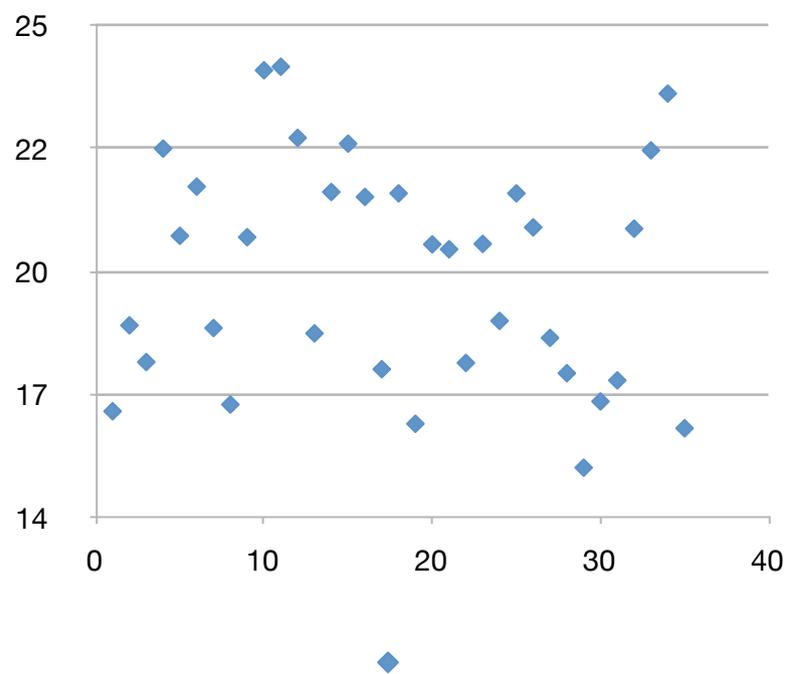


Cama - Lacado

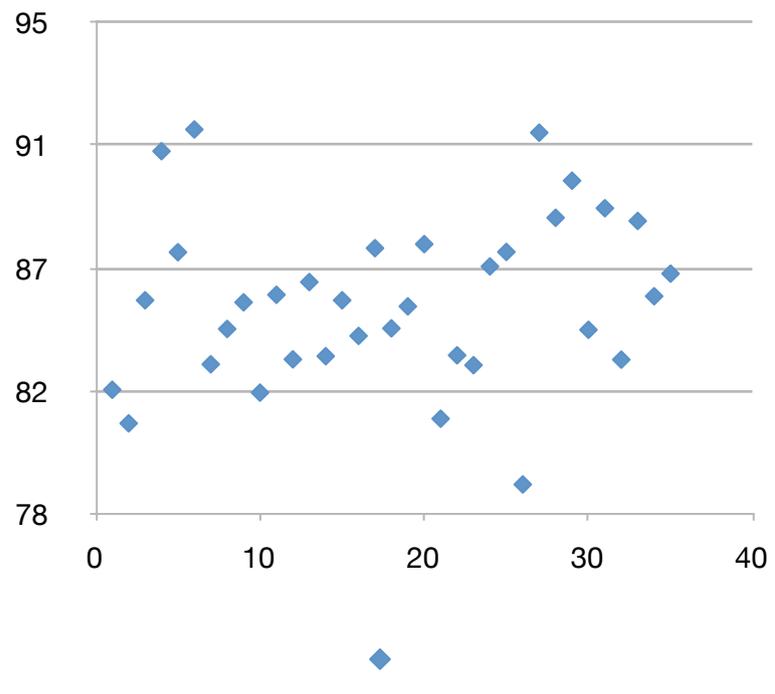


Bar - tinte

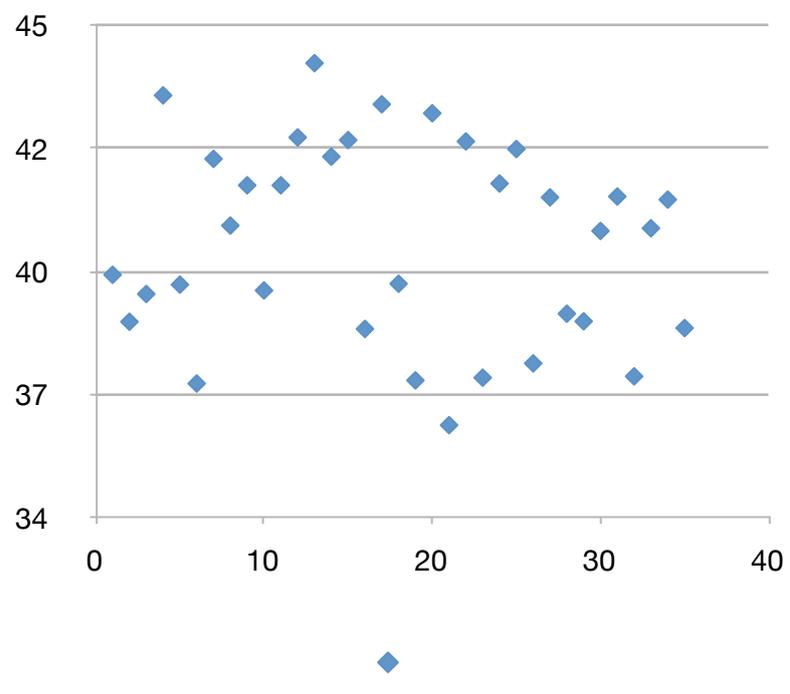


Bar - Igualado**Bar - Sellado**

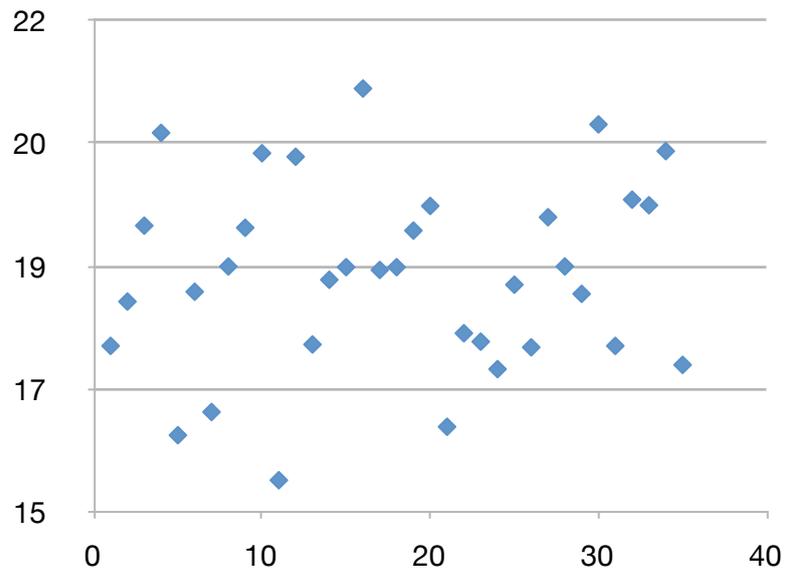
Bar - Lijado



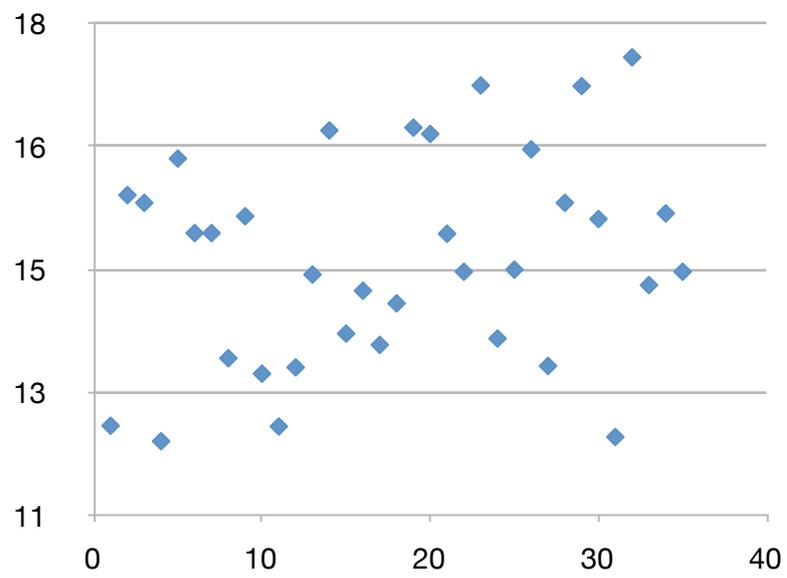
Bar - Retoque

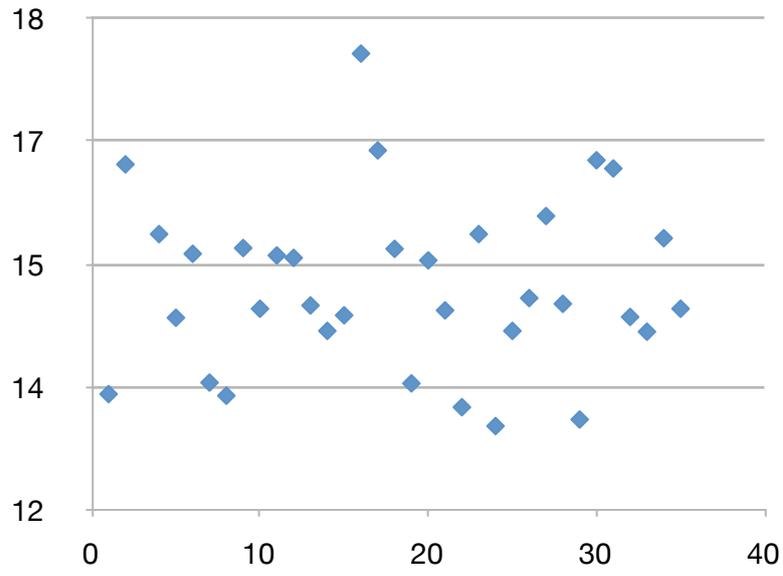
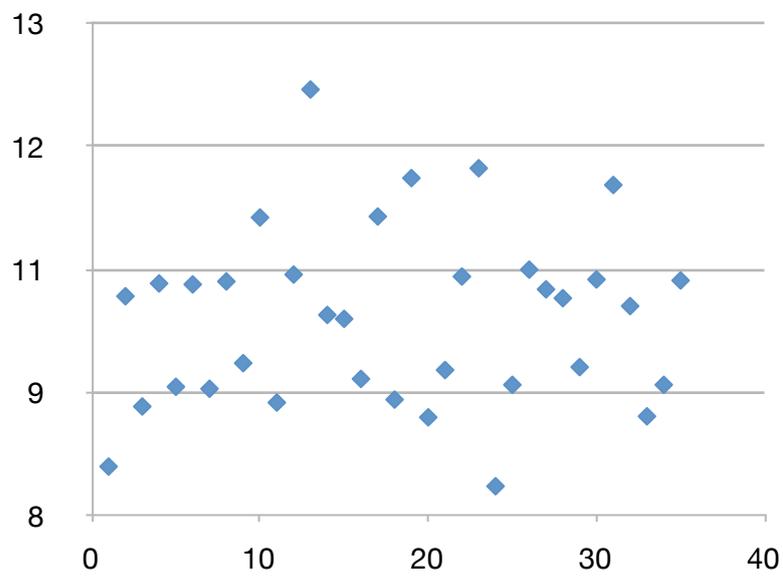


Bar - Lacado

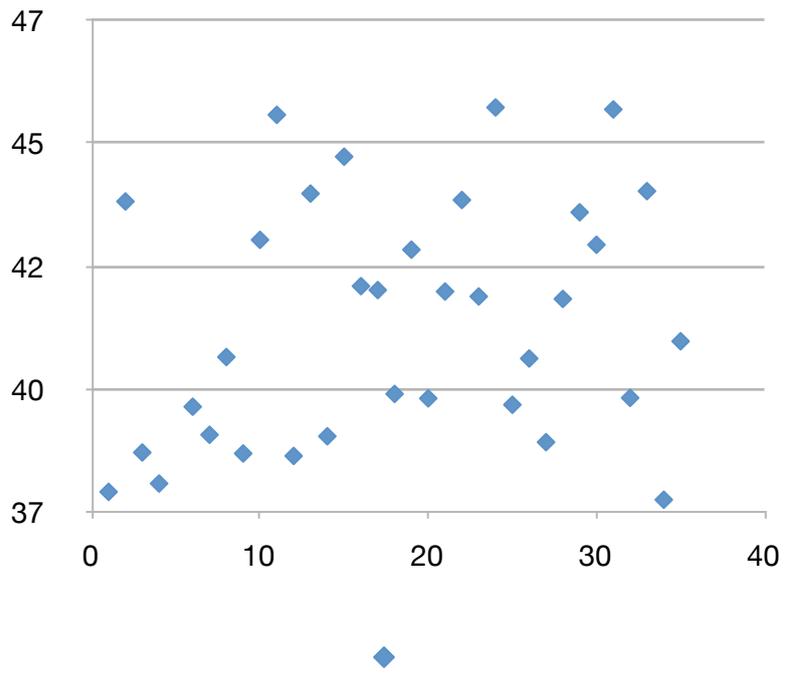


Silla bar - Tinturado

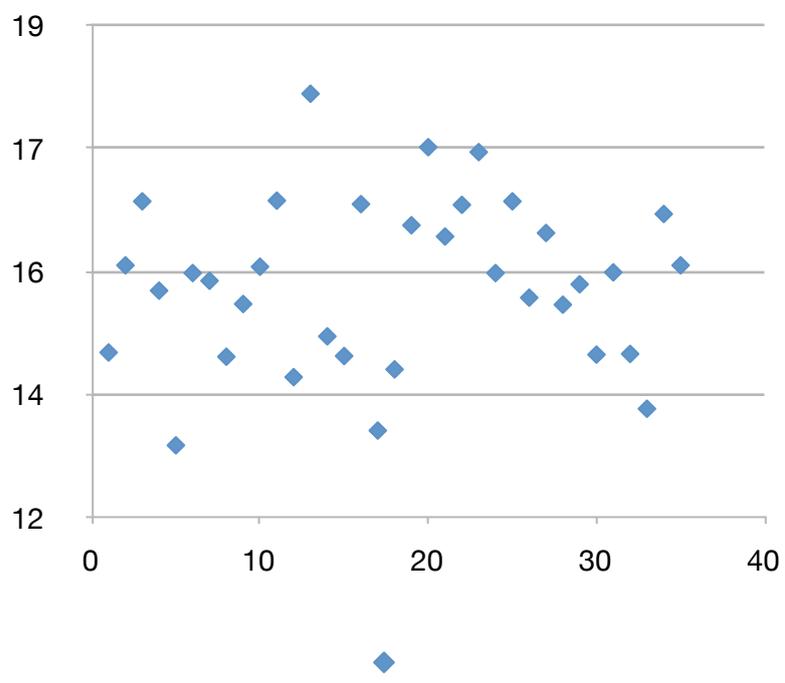


Silla bar - Igualado**Silla bar - Sellado**

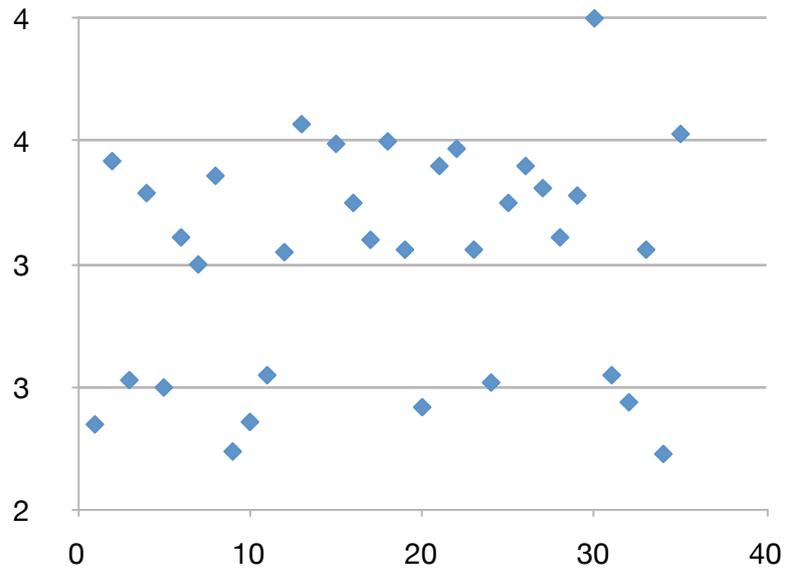
Silla bar - Lijado



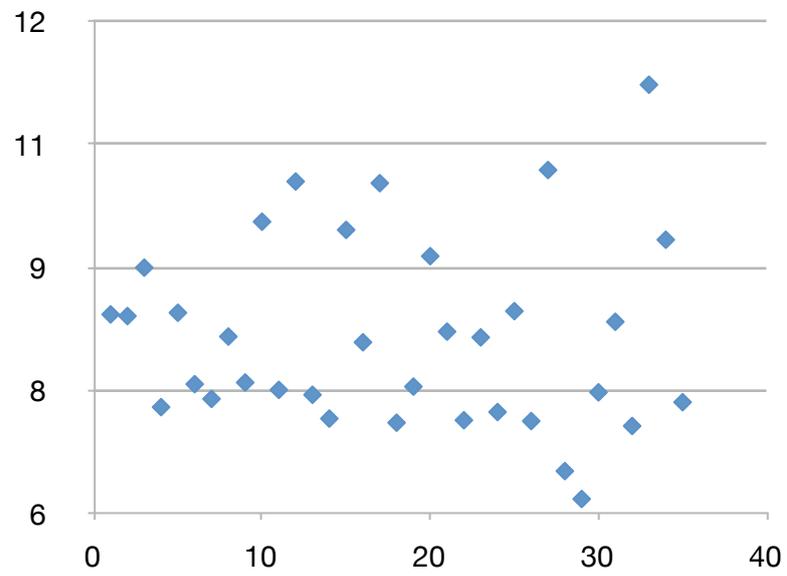
Silla bar - Retoque



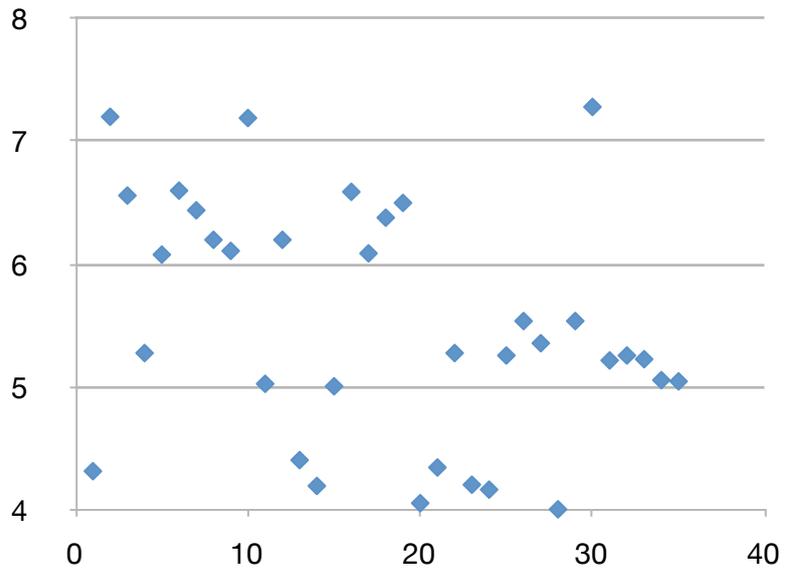
Silla bar - Lacado



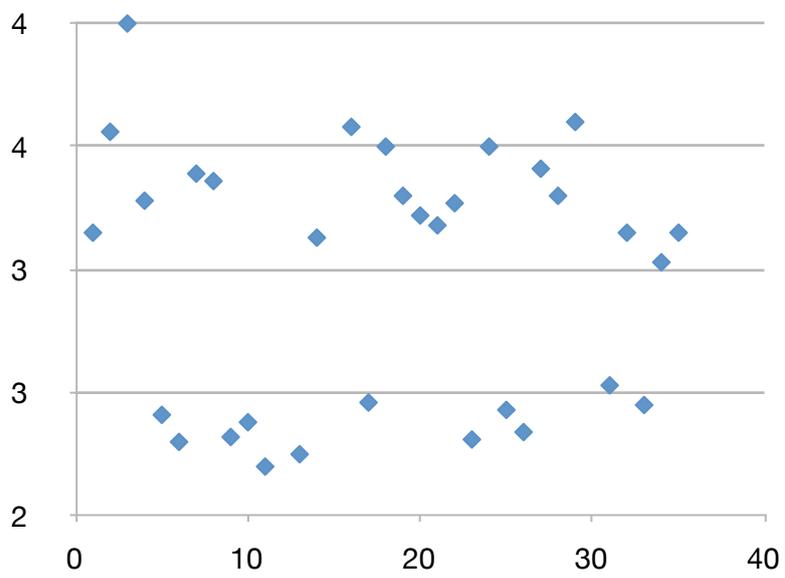
Poltrona - Tinturado

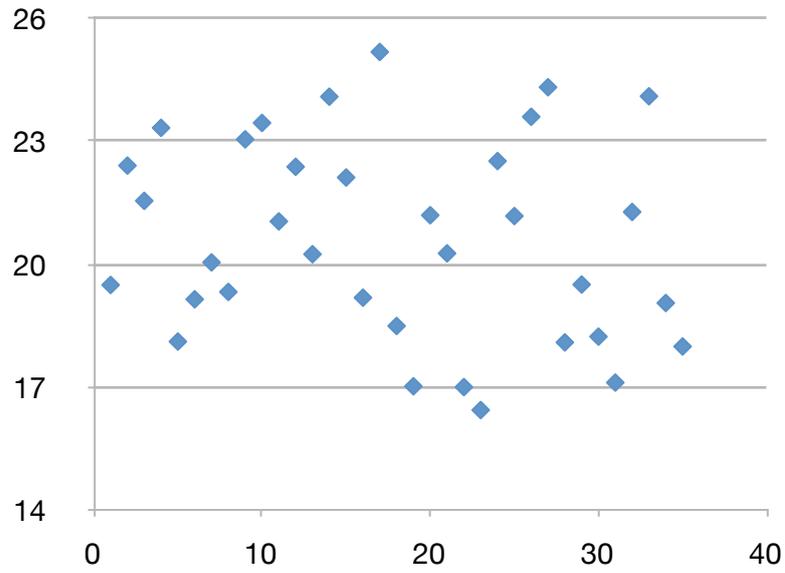
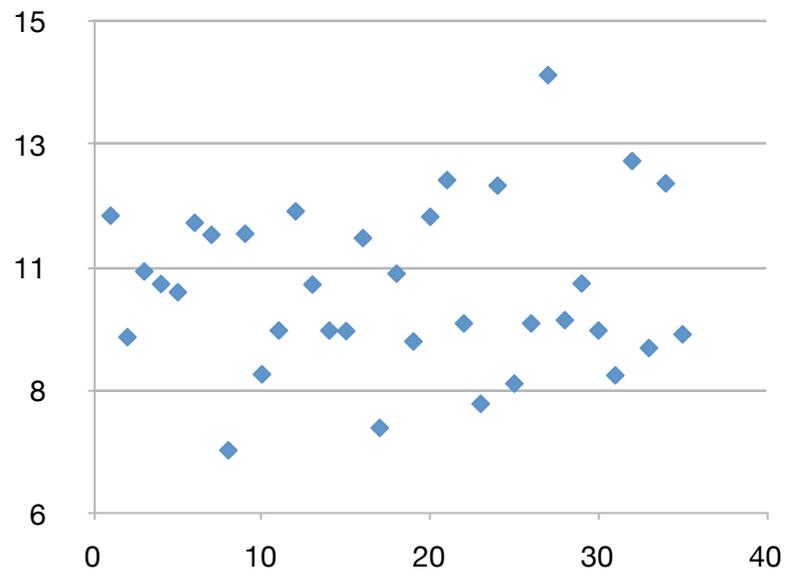


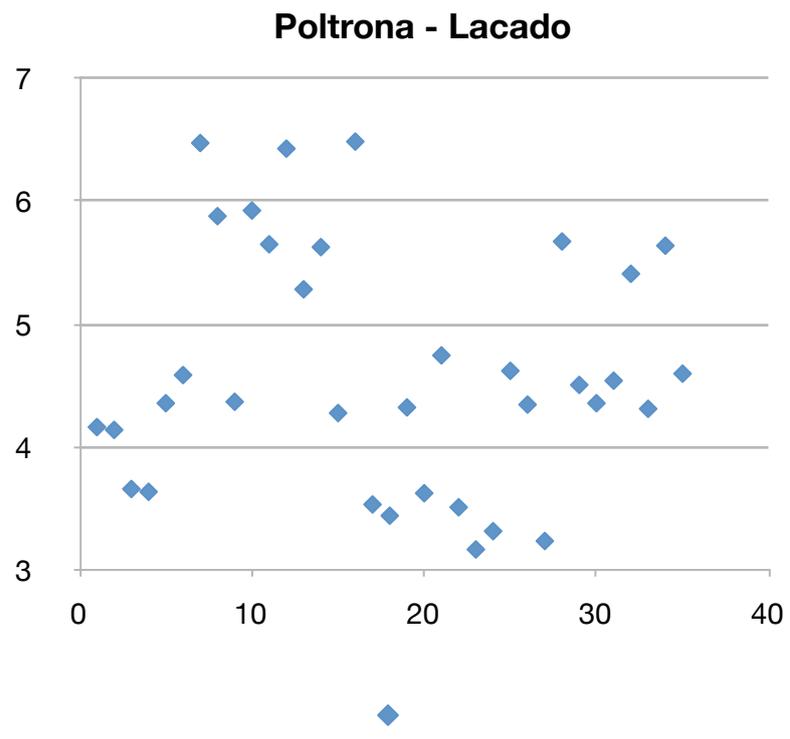
Poltrona - Igualado



Poltrona - Sellado



Poltrona - Lijado**Poltrona - Retoque**



Fuente: AHCORP

Realización: Propia