MEJORAMIENTO DE LA CADENA DE SUMINISTRO EN MARMOLES & BLOQUES

MAYRA VIVIANA BUITRAGO MEJÍA
ANDRÉS MAURICIO VILLAMIZAR HERREÑO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA
2012

MEJORAMIENTO DE LA CADENA DE SUMINISTRO EN MARMOLES & BLOQUES

MAYRA VIVIANA BUITRAGO MEJÍA
ANDRÉS MAURICIO VILLAMIZAR HERREÑO

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial

Director:
Ing. JAIME CASTILLO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA
2012

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN 22
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 23
1.1 ALCANCE DEL PROYECTO 23
1.2 OBJETIVOS 23
1.2.1 Objetivo general 23
1.2.2 Objetivos específicos 24
1.3 JUSTIFICACIÓN 24
2. MARCO TEÓRICO 25
2.1 ADMINISTRACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO 25
2.2 LEAN MANUFACTURING 27
2.2.1 VSM (Value Stream Mapping) 28
2.2.2 Yamazumi. 30
2.2.3 5´s 33
2.2.4 Estandarización 35
2.2.5 Gestión Visual 36
2.3 DISEÑO Y ANÁLISIS DE EXPERIMENTOS 36
2.3.1 Estrategia de experimentación 36
2.3.2 Principios básicos 41
2.3.3 Pautas generales para diseñar experimentos 42
2.5 CONCRETO 46
2.5.1 Concreto Fresco 48
2.5.2 Proceso de fraguado y endurecimiento 51
2.5.3 Concreto endurecido 51
3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA 55
3.1 PERFIL DE LA EMPRESA 55

3.2 NATURALEZA DEL NEGOCIO 55
3.2.1 Misión 55
3.2.2 Visión 55
3.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL 56
3.4 MERCADOS ATENDIDOS 56
3.5 PRODUCTOS 58
3.6 DISTRIBUCIÓN DE PLANTA 58
3.7 Plano General de la planta 58
3.8 ETAPAS DEL PROCESO PRODUCTIVO 59
3.8.1 Mezclado 59
3.8.2 Moldeo 59
3.8.3 Extracción del molde 59
3.8.4 Pulido 59
3.8.5 Retapado 60
3.8.6 Refinado 60
3.8.7 Empaque 60
4. DIAGNOSTICO DEL PROCESO PRODUCTIVO 61
4.1 CADENA DE SUMINISTRO DE MÁRMOLES & BLOQUES 61
4.2 VSM (Value Stream Mapping) 64
4.2.1 Demanda 68
4.2.2 Aprovisionamiento 68
4.2.3 Almacenamiento 72
4.2.4 Producción 74
4.2.5 Distribución 86
4.2.6 Clientes 90
5. PROPUESTAS DE MEJORA A LA CADENA DE SUMINISTRO 93
5.1 REDISEÑO DE MOLDES 93
5.1.1 Problemática a solucionar 93
5.1.2 Justificación 93
5.1.3 Actividades realizadas 93

5.2 ANÁLISIS DE MÉTODO Y CAPACIDAD DE LA OPERACIÓN DE PULIDO 94
5.2.1 Problemática a solucionar 94
5.2.2 Justificación 94
5.2.3 Actividades realizadas 95
5.3 DEFINICIÓN DE CANTIDADES DE MATERIALES EN MEZCLA Y TIEMPO DE FRAGUADO 96
5.3.1 Problemática 96
5.3.2 Justificación 96
5.3.3 Actividades realizas 96
5.4 PLANEACIÓN DE ACTIVIDADES 97
5.4.1 Problemática 97
5.4.2 Justificación 98
5.4.3 Actividades realizadas 98
5.5 REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA 99
5.5.1 Problemática 99
5.5.2 Justificación 99
5.5.3 Actividades realizadas 99
5.6 DOCUMENTACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS 100
5.6.1 Problemática 100
5.6.2 Justificación 100
5.6.3 Actividades a realizar 100
6. IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS 102
6.1 REDISEÑO DE MOLDES 102
6.2 ANÁLISIS DE MÉTODO Y CAPACIDAD DE LA OPERACIÓN DE PULIDO 106
6.3 DEFINICIÓN DE CANTIDADES DE MATERIALES EN MEZCLA Y TIEMPO DE FRAGUADO 110
6.4 PLANEACIÓN DE ACTIVIDADES 131
6.5 REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA 136
6.6 DOCUMENTACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS 143

6.6.1 Estandarización 143
6.6.2 Gestión Visual 144
6.6.3 5’s 144
7. EVALUACIÓN DE LAS IMPLEMENTACIONES 145
7.1 VSM 145
7.2 Yamazumi 148
7.3 INDICADORES DE LOS PROCESOS LOGÍSTICOS 160
8. CONCLUSIONES 163
9. RECOMENDACIONES 165
BIBLIOGRAFÍA 166
ANEXOS 167

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1 Formato para la toma de tiempos 32
Figura 2 Tabla de combinación 32
Figura 3 Apilamiento por operario 33
Figura 4 Modelo general de un proceso o sistema 37
Figura 5 Índice de fraguado 51
Figura 6 Grafico Resistencia vs Agua/Cemento 52
Figura 7 Comportamiento Fraguado en relación con la Temperatura 53
Figura 8 Diagrama de aprovisionamiento 71
Figura 9 Diagrama de Almacenamiento 73
Figura 10 Tabla de Combinación Mezclado 79
Figura 11 Tabla de Combinación Moldeo 80
Figura 12 Tabla de Combinación Reafinado 81
Figura 13 Tabla de Combinación Empaque 81
Figura 14 Diagrama Flujo de Distribución 89
Figura 15 Diagrama de Recepción de pedidos 91
Figura 16 Tabla de Combinación Mezclado 151
Figura 17 Tabla de Combinación Moldeo 152
Figura 18 Tabla de Combinación Retiro del Molde 152
Figura 19 Tabla de Combinación Pulido Destronque 152
Figura 20Tabla de Combinación Pulido Fino 153
Figura 21 Tabla de Combinación Retapado 153
Figura 22 Tabla de Combinación Reafinado 153
Figura 23 Tabla de Combinación Empaque 154

LISTA DE ILUSTRACIONES

Pág.

Ilustración 1 Organigrama Mármoles y Bloques 56
Ilustración 2 Sectores de Distribución 57
Ilustración 3 Partes del lavadero 62
Ilustración 4 Fundido 63
Ilustración 5 Proceso productivo 63
Ilustración 6 Plano Distribución de Planta 85
Ilustración 7 Arreglo de orillos. FUNDIDO. 102
Ilustración 8 Partes del molde 103
Ilustración 9 Flujo del proceso de Pulido 107
Ilustración 10 Secuencia de actividades. (Enfoque en serie) 108
Ilustración 11 Elevador para el pulido 109
Ilustración 12 Limitaciones de Espacio 139
Ilustración 13 Propuesta de Distribución 140
Ilustración 14 Rediseño de Planta 142

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 Simbología VSM 31
Tabla 2 Unidades Vendidas al Mes 64
Tabla 3 Proveedores 66
Tabla 4 Lista de proveedores 68
Tabla 5 Indicador de Aprovisionamiento 70
Tabla 6 Indicador de Almacenamiento 74
Tabla 7 Toma de Tiempos de Mezclado 75
Tabla 8 Toma de Tiempos de Moldeo 76
Tabla 9 Toma de Tiempos de Retiro de Molde 76
Tabla 10 Toma de Tiempos de Pulido 77
Tabla 11 Toma de Tiempos de Re-tapado 77
Tabla 12 Toma de Tiempos de Refinado 78
Tabla 13 Toma de Tiempos de Empaque 78
Tabla 14 Distancias recorridas en el proceso productivo 86
Tabla 15 Capacidad instalada 86
Tabla 16 Indicador Distribución 88
Tabla 17 Indicador Clientes 92
Tabla 18 Diferencias con el rediseño 105
Tabla 19 Promedio diario de las Materias Primas 111
Tabla 20 Promedio por referencia de producto 111
Tabla 21 Promedio de Materias Primas 112
Tabla 22 Volumen de Materias Primas 112
Tabla 23 Volumen Promedio de mezcla diaria. 113
Tabla 24 Volumen diario de Producción 113
Tabla 25 cm^3 de Materia prima por cm^3 de Lavadero 114

Tabla 26 Gasto de Materia Prima por Referencia 114
Tabla 27 Rangos de cada Factor 117
Tabla 28 Volumen por agregado/Volumen Mezcla 118
Tabla 29 Participación por Agregado en la mezcla 119
Tabla 30 Volumen Agua - Cemento/Volumen mezcla 119
Tabla 31 Relación Agregado/Mezcla (Propuesta 1) 120
Tabla 32 Participación Agregado/Mezcla (Propuesta 1) 121
Tabla 33 Relación Agregado/Mezcla (Propuesta 2) 121
Tabla 34 Participación Agregado/Mezcla (Propuesta 2) 121
Tabla 35 Porcentaje Agua - Cemento 122
Tabla 36 Relación Agregado/Mezcla (Propuesta 3) 122
Tabla 37 Participación Agregado/Mezcla (Propuesta 3) 122
Tabla 38 Participación Agregado/Mezcla (Propuesta 4) 123
Tabla 39 Participación de materias primas en la mezcla (Propuesta 4) 123
Tabla 40 Participación Agregado - Pasta en la mezcla (Propuesta 5) 124
Tabla 41 Participación Agregados en la mezcla (Propuesta 5) 124
Tabla 42 Participación Agregado - Pasta en la mezcla (Propuesta 6) 124
Tabla 43 Participación Agregados en la mezcla (Propuesta 6) 124
Tabla 44 Participación Agregado - Pasta en la mezcla (Propuesta 7) 125
Tabla 45 Participación Agregados en la mezcla (Propuesta 7) 125
Tabla 46 Participación Agregado - Pasta en la mezcla (Propuesta 8) 125
Tabla 47 Participación Agregados en la mezcla (Propuesta 8) 125
Tabla 48 Costo de Materias Primas 126
Tabla 49 Evaluación de las Propuestas 126
Tabla 50Descripción Alternativa 1 128
Tabla 51 Descripción Alternativa 2 128
Tabla 52 Evaluación de alternativas 128
Tabla 53 Niveles de Inventario 133
Tabla 59 Promedio Demanda Evaluada 145
Tabla 60 Toma de Tiempo Mezclado 148

Tabla 61 Toma de Tiempo Moldeo 149
Tabla 62 Toma de Tiempo Retiro de molde 149
Tabla 63 Toma de Tiempo Pulido destronque 149
Tabla 64 Toma de Tiempo Pulido fino 150
Tabla 65 Toma de Tiempo Retapado 150
Tabla 66 Toma de Tiempo Reafinado 150
Tabla 67 Toma de Tiempo Empaque 151
Tabla 68 Comparación T/C por Operaciones 155
Tabla 69 Comparación Molde en Volumen 156
Tabla 70 Relación en Peso de los lavaderos 158
Tabla 71 Comparación Costo (Aditivo) 159
Tabla 72 Nueva Capacidad instalada 159
Tabla 73 Distancia Recorrida (Nuevo) 160
Tabla 74 Evaluación Indicadores Logísticos 160

LISTA DE ANEXOS

Pág.

Anexo A Portafolio de Productos Mármoles y Bloques 167
Anexo B Descripción Áreas de Trabajo Mármoles y Bloques 170
Anexo C Plano General Mármoles y Bloques 171
Anexo D VSM Mármoles y Bloques (Situación inicial) 172
Anexo E Tabla de tiempos operación Mezclado Yamazumi Inicial 173
Anexo F Tabla de tiempos operación Moldeo Yamazumi Inicial 174
Anexo G Tabla de tiempos operación Retiro de Molde Yamazumi Inicial 175
Anexo H Tabla de tiempos operación Pulido Yamazumi Inicial 176
Anexo I Tabla de tiempos operación Retapado Yamazumi Inicial 177
Anexo J Tabla de tiempos operación Refinado Yamazumi Inicial 178
Anexo K Tabla de tiempos operación Empaque Yamazumi Inicial 179
Anexo L Apilamiento Yamazumi (Situación Inicial) 180
Anexo M Guía de Conversación y Conocimiento 181
Anexo N Medidas Lavaderos Iniciales 184
Anexo O Medidas Lavaderos Nuevos 185
Anexo P Formato Batidas Diarias 190
Anexo Q Muestras de Materiales utilizados en las batidas de un dia 191
Anexo R Muestras de producción de batidas de un día 192
Anexo S Materias primas a utilizar por referencia con Propuesta N° 1 de mezcla 193
Anexo T Materias primas a utilizar por referencia con Propuesta N° 2 de mezcla 194
Anexo U Materias primas a utilizar por referencia con Propuesta N° 3 de mezcla 195

Anexo V Materias primas a utilizar por referencia con Propuesta N° 4 de mezcla 196
Anexo W Materias primas a utilizar por referencia con Propuesta N° 5 de mezcla 197
Anexo X Materias primas a utilizar por referencia con Propuesta N° 6 de mezcla 198
Anexo Y Materias primas a utilizar por referencia con Propuesta N° 7 de mezcla 199
Anexo Z Materias primas a utilizar por referencia con Propuesta N° 8 de mezcla 200
Anexo AA Materias primas a utilizar por referencia con Propuesta Alternativa N° 1 de mezcla 201
Anexo AB Materias primas a utilizar por referencia con Propuesta Alternativa N° 2 de mezcla 202
Anexo AC Hoja de Cálculo Pedidos Clientes 203
Anexo AD Hoja de Cálculo Inventarios 204
Anexo AE Hoja de Cálculo Orden de Producción 205
Anexo AF Materias Primas e Insumos para un lavadero de 1m 206
Anexo AG Explosión de Materiales del Lavadero de 0,9 metro 207
Anexo AH Explosión de Materiales del Lavadero de 0,8 metro 208
Anexo AI Explosión de Materiales del Lavadero de 0,7 metro 209
Anexo AJ. Explosión de Materiales del Lavadero de 0,6 metro 210
Anexo AK Hoja de Cálculo Lista de Materiales 211
Anexo AL Hoja de Cálculo Orden de Compra 212
Anexo AM Hoja de Cálculo Capacidad 213
Anexo AN Hoja de Cálculo Informe 214
Anexo AO Hoja de Cálculo Costo por Lavadero 215
Anexo AP Plano de pasillos y flujo de material 216
Anexo AQ MES Moldeo 217
Anexo AR MES Retiro de Molde 221

Anexo AS MES Destronque 225
Anexo AT MES Pulido Fino 227
Anexo AU MES Retapado 228
Anexo AV MES Reafinado 230
Anexo AW MES Empaque 232
Anexo AX Gestión Visual 234
Anexo AY VSM Mármoles y Bloques (Nuevo) 235
Anexo AZ Tabla de tiempos operación Mezclado Nuevo Yamazumi 236
Anexo BA Tabla de tiempos operación Moldeo Nuevo Yamazumi 237
Anexo BB Tabla de tiempos operación Retiro de Molde Nuevo Yamazumi 238
Anexo BC Tabla de tiempos operación Pulido Destronque de Molde Nuevo Yamazumi 239
Anexo BD Tabla de tiempos operación Pulido Fino de Molde Nuevo Yamazumi 240
Anexo BE Tabla de tiempos operación Retapado de Molde Nuevo Yamazumi 241
Anexo BF Tabla de tiempos operación Refinado de Molde Nuevo Yamazumi 242
Anexo BG Tabla de tiempos operación Empaque de Molde Nuevo Yamazumi 243
Anexo BH Apilamiento Yamazumi (Nuevo) 244
Anexo BI. Tabla de inversión durante el desarrollo del proyecto 245

RESUMEN

Título: MEJORAMIENTO DE LA CADENA DE SUMINISTRO EN MARMOLES & BLOQUES*

Autores: MAYRA VIVIANA BUITRAGO MEJÍA**
ANDRÉS MAURICIO VILLAMIZAR HERREÑO

Palabras clave: Cadena de suministro, Value Stream Mapping, Yamazumi, Indicadores de gestión, distribución de planta, Diseño de herramientas, flujo de información.
Descripción:

Para una organización es fundamental conocer y entender a plenitud el comportamiento de la cadena de suministro del producto que fábrica, logrando con esto facilitar el proceso a una mayor eficiencia en el uso de sus recursos y ofrecer un excelente servicio al cliente.

Es vital realizar procesos enfocados en optimizar las actividades centrales a efecto de maximizar la velocidad de respuesta ante los cambios de las expectativas de los clientes. Debido a esto, en este documento se evalúa el proceso de producción de lavaderos prefabricados de Mármoles & Bloques, desarrollando propuestas de solución a las problemáticas encontradas. Se parte de un diagnóstico inicial en base a las herramientas del lean manufacturing entre ellas el Value Stream Mapping y el Yamazumi.

En primera estancia se elaboró un rediseño de moldes, haciendo cambios en la presentación del producto, luego se le dio un enfoque en serie a la operación cuello de botella. Posteriormente se realizó un diseño de experimentos donde se definió una mezcla más eficiente y de menor costo. Se implementó una redistribución de planta que diera mayor soporte a las operaciones. Adicionalmente se desarrolló una herramienta en Excel que permitiera planificar las actividades junto con una debida documentación del proceso productivo.

Por último, se realizó nuevamente el diagnóstico de la empresa evaluando las mejoras implementadas a través del proyecto, para así analizar el impacto que se logró en el flujo del proceso.

* Tesis de grado
** Facultad de Ingenierías Físicomecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: Ing. Jaime Castillo

ABSTRACT

Title: IMPROVING THE SUPPLY CHAIN IN MARMOLES & BLOQUES*

Authors: MAYRA VIVIANA BUITRAGO MEJÍA**
ANDRES MAURICIO VILLAMIZAR HERREÑO

Keywords: Supply chain, Value Stream Mapping, Yamazumi, management indicators, plant distribution, design of tools, information flow.
Description:

For an organization is essential to know and fully understand the behavior of the supply chain of the product that manufactures, thus achieving with this, facilitate the process to a more efficiency in the use of their resources and provide excellent customer service.

It is vital to make processes focused on optimizing the core activities in order to maximize the speed of response to changing customer expectations. Because of this, this paper evaluates the production process of Marmoles & Bloques precast laundries, developing proposals of solution to the problems encountered. It starts with an initial diagnosis based on tools of the lean manufacturing including Value Stream Mapping and Yamazumi.

At first stay it was made a redesign of molds, making changes in the presentation of the product, then was given a serial approach to the bottleneck operation. Subsequently it was conducted a design of experiments which defined a mixing more efficient and less costly. It was implemented a redistribution to give more support to plant operations. Additionally, it was developed an Excel tool that can plan activities together with a proper documentation of the production process.

Finally, it was made again the diagnosis of the company evaluating the improvements implemented through the project, in order to analyze the impact that was achieved in the flow of the process

* Thesis
** Faculty of Engineering physicomechanical. School of Industrial and Business Studies. Directed by Jaime Castillo

CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL	
Diseñar e implementar propuestas que contribuyan al mejoramiento de la cadena de suministro de MARMOLES & BLOQUES, a través de las herramientas del lean manufacturing.	
Objetivos específicos	**Evidencia de cumplimiento**
Realizar un diagnóstico del estado actual de la empresa MARMOLES & BLOQUES haciendo uso de herramientas cualitativas y cuantitativas	Capítulo 4
Realizar un estudio de la capacidad productiva de la empresa	Capítulo 4
Analizar las causas a los posibles problemas presentes en la entidad	Capítulo 4
Diseñar un plan de mejoramiento que impacte en los factores determinados en el diagnóstico realizado	Capítulo 5
Implementar las mejoras aprobadas por la empresa, expuestas en el plan de mejoramiento para alcanzar mayor rendimiento en la cadena de suministro	Capítulo 6
Implementar un sistema de indicadores que permita medir el desempeño de la planta	Capítulo 4
Evaluar el impacto de las mejoras implementadas	Capítulo 7

INTRODUCCIÓN

Conocimiento y globalización son dos conceptos cada vez más estrechamente ligados entre sí de forma relevante. Y lo son porque interactúan de forma decisiva en torno a la competitividad de las empresas y, por ende, de los sistemas económicos de los países o de las regiones en general.

La carrera por la competitividad empresarial es una realidad. La industria de la construcción ha sido clave para el desarrollo económico del País en los últimos años debido a su gran dinamismo, y se constituye como uno de los sectores más importantes y de mayor incidencia por su estrecha vinculación con la creación de infraestructuras básicas como la vivienda.

Es por esto que Mármoles & Bloques se ve en la necesidad de mejorar su capacidad de respuesta a los niveles de demanda los cuales están íntimamente relacionados con el sector de la construcción. La ausencia de una clara estructuración de sus operaciones y una debida planeación y realización de sus actividades, genera dificultad para enfrentar los cambios del mercado, un uso óptimo de sus recursos y una debida alineación de interés con los integrantes de su cadena suministro.

Con este proyecto se busca mejorar las falencias evidenciadas en la cadena de suministro que contribuyan a la consecución de los objetivos de la empresa.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 ALCANCE DEL PROYECTO

Este proyecto comprende la realización de un diagnóstico de la cadena de suministro de Mármoles& Bloques a través de la caracterización de sus procesos, haciendo uso de herramientas comprendidas en la filosofía Lean Manufacturing como el Value Stream Mapping, Yamazumi, determinando la capacidad instalada de la empresa y su nivel de servicio y respuesta al cliente, junto con una debida indagación a través de un guía de conversación y conocimiento e indicadores que permiten visualizar el desempeño de la compañía.

Como resultado del desarrollo del proyecto se diseñaran e implementaran propuestas de mejora, orientadas hacia un mayor cumplimiento a los clientes y un eficiente desarrollo de las operaciones de la compañía. Para facilitar el cumplimiento de las actividades operativas dentro de la planta, se realizaron rediseños en las herramientas y la distribución de la fábrica. A su vez, se desarrolló una herramienta de soporte en el sistema Excel para permitir un mayor control del desempeño de la producción junto con un sistema de indicadores que soportara dicho sistema. Por último se evaluara a la compañía nuevamente con la misma metodología usada inicialmente para analizar el comportamiento de la organización después de los cambios implementados.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general. Diseñar e implementar propuestas que contribuyan al mejoramiento de la cadena de suministro de MÁRMOLES & BLOQUES, a través de las herramientas del lean manufacturing.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico del estado actual de la empresa MARMOLES & BLOQUES haciendo uso de herramientas cualitativas y cuantitativas.
- Realizar un estudio de la capacidad productiva de la empresa.
- Analizar las causas a los posibles problemas presentes en la entidad.
- Diseñar un plan de mejoramiento que impacte en los factores determinados en el diagnóstico realizado.
- Implementar las mejoras aprobadas por la empresa, expuestas en el plan de mejoramiento para alcanzar mayor rendimiento en la cadena de suministro.
- Implementar un sistema de indicadores que permita medir el desempeño de la planta.
- Evaluar el impacto de las mejoras implementadas.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Mármoles & Bloques es una pyme en crecimiento, con un problema no de demanda, si no de falta de cumplimiento a sus clientes consecuencia de la falta de capacidad para poder satisfacer lo que requieren y a su vez abarcar una mayor porción del mercado. Este crecimiento no pronosticado, llevo a la organización a realizar el diseño y desarrollo de sus procesos de una manera no tecnificada.

Lo que se busca brindar con este proyecto es una metodología que permita visualizar las falencias presentes en los diferentes puntos de su cadena de suministro, permitiendo ejercer acciones de cambio en búsqueda de mayor eficiencia en su sistema productivo, generando así no solo beneficios económicos a la organización, si no herramientas para poder construir un puente hacia el mejoramiento continuo.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ADMINISTRACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO[1]

La idea central de la administración de la cadena de suministro es aplicar el enfoque de un sistema completo a la administración del flujo de información, materiales y servicios, provenientes de proveedores de materias primas, mientras pasan por las fábricas y los almacenes, hasta llegar al consumidor final. Tendencias recientes, como la subcontratación y la **producción personalizada en masa**, están obligando a las compañías a encontrar vías flexibles para satisfacer la demanda de los clientes. El punto focal es optimizar las actividades centrales a efecto de maximizar la velocidad de respuesta ante los cambios de las expectativas de los clientes.

Estrategia de la cadena de suministro

El manejo de la cadena de suministro es un tema importante en los negocios actuales. La idea consiste en aplicar un enfoque de sistemas total para manejar todo el flujo de información, materiales y servicios de los proveedores de materia prima a través de fábricas y bodegas al usuario final. El termino cadena de suministro proviene de una imagen de la manera en que las organizaciones están vinculadas, desde el punto de vista de una compañía en particular. Entonces, ¿Por qué el manejo de la cadena de suministro es un tema tan importante en la actualidad? La respuesta es que muchas empresas logran una significativa ventaja competitiva con su forma de configurar y manejar sus operaciones de la cadena de suministro.

[1]CHASE, Richard B. *Administración de Operaciones*. Duodécima edición. México, D.F.: McGraw-Hill, 2009. p. 358-360.

Medición del desempeño de la cadena de suministro

Una de las perspectivas sobre la cadena de suministro se centra en la posición de los inventarios en el sistema. La eficiencia de la cadena de suministro se puede medir con base en el tamaño de la inversión en inventario en la cadena. La inversión en inventario se mide en relación con el costo total de los bienes que se suministran en toda la cadena.

Dos medidas comunes para evaluar la eficiencia de la cadena de suministro son *rotación de inventarios* y *semanas de suministro*. En esencia, estas miden lo mismo y matemáticamente son inversas entre sí.

La **rotación de inventario** se mide como sigue:

$$\boldsymbol{Rotaciónde inventario} = \frac{Costodelosbienesvendidos}{Valorpromediodelinventarioagregado}$$

El ***costo de los bienes vendidos*** es el costo anual que una compañía tiene que absorber para producir los bienes o servicios ofrecidos a los clientes; en ocasiones, se conoce como *costo del ingreso*. Este no incluye los gastos de ventas ni administrativos de la empresa. El ***valor promedio del inventario agregado*** es el valor total de todos los artículos mantenidos en el inventario con base en su costo. Incluye la materia prima, el trabajo en proceso, los bienes terminados y el inventario de distribución que se consideran propiedad de la empresa.

Los valores de rotación del inventario que se consideran adecuados varían según la industria y el tipo de productos manejados. Por un lado, una cadena de supermercados puede tener una rotación de inventario de más de 100 veces al año. Los valores de seis a siete son típicos entre las empresas de manufactura.

En muchas situaciones, sobre todo cuando el inventario de distribución es el dominante, la medida preferida es en **semanas de suministro**. Es una medida del valor del inventario en semanas que se encuentra en el sistema en un momento en particular. El cálculo es el siguiente:

$$\boldsymbol{Semanasdesuministro} = \frac{Valorpromediodelinventarioagregado}{Costodelosbienesvendidos} * 52\ semanas$$

Cuando los informes financieros de una compañía mencionan la rotación del inventario y las semanas de suministro, se puede suponer que las medidas se calculan en toda la empresa. Sin embargo estos cálculos se pueden realizar en entidades individuales dentro de la organización. En estos casos, el costo sería aquel relacionado con la cantidad total de inventario que se maneja en el inventario específico. En algunas operaciones que manejan un inventario muy bajo, los días e incluso las horas constituyen una mejor unidad de medida para determinar el suministro.

Una empresa considera que el inventario es una inversión porque su intención es utilizarlo en el futuro. El inventario absorbe fondos que podrían usarse para otros propósitos y es probable que una compañía tenga que pedir dinero prestado para financiar la inversión en inventario. El objetivo es tener la cantidad de inventario apropiada y en los lugares correctos de la cadena de suministro. Determinar la cantidad de inventario adecuada en cada posición requiere de un análisis a fondo de la cadena de suministro combinado con las prioridades competitivas que definen el mercado para los productos de la empresa.

2.2 LEAN MANUFACTURING

Es un conjunto de técnicas presente en la política de just in time de la compañía Toyota para la reducción de desperdicios, fueran estos inventarios, tiempos,

productos defectuosos, transportes, almacenaje y hasta personas, en vía de la optimización de la operaciones[2].

Para la identificación y control de estos desperdicios existen diferentes herramientas de apoyo que permiten el desarrollo de esta filosofía, como son los sistemas kanban, la SMED (Cambio de molde en la mínima fracción), análisis de las 5´s, Seis Sigma, Lay-out, el Pokayoke, Jidokas, VSM, yamazumi entre otras.

De esta manera, lean manufactury se está soportada por los siguientes fundamentos:

- Flujo continuo
- Establecer el verdadero valor
- Entendimiento de la cadena de valor a lo largo del proceso productivo
- Halar la cadena desde un solo punto

El entendimiento, aplicación e interrelación de estos conceptos dentro de la compañía, permite generar estabilidad y competitividad.

2.2.1 VSM (Value Stream Mapping). Es un método de visualización donde se plasman el conjunto de actividades que se hacen de principio a fin para la realización de un producto, incluyendo las que agregan y no agregan valor, facilitando la búsqueda de oportunidades de mejora[3].

Se puede delimitar escalas de análisis, como el nivel mega, que incluye todos los integrantes de la cadena de suministro, nivel macro, donde se observa el flujo de

[2] Que es “lean Manufacturing” Grupo Kaizen S.A. Disponible en internet <http://www.grupokaizen.com/mck/Que_es_el_Lean_Manufacturing.pdf>
[3] DUGGAN, Kevin J. Creating Mixed Model Value Streams. New York: Productivity press, Primera edición, 2002.

valor en todas las familias de productos y nivel micro, donde se visualización las operaciones de valor por unidad de trabajo.

Las actividades que transforman o modifican información o materia prima para cumplir con las especificaciones del cliente son consideradas que agregan valor. Las oportunidades de mejora son expresadas como desperdicios, que son cualquier cosa diferente a la cantidad mínima de espacio, equipos, piezas, tiempo y gente absolutamente esencial para añadir valor al producto. Se puede manifestar de 7 maneras diferentes:

- Sobreproducción: Producir más del requerimiento del cliente.
- Espera: Retrasos entre las diferentes operaciones.
- Transporte: múltiple o innecesario manejo de materiales.
- Sobreproceso: invertir tiempo o material que no agrega valor al cliente.
- Movimiento: Actividades del personal que no generan valor al producto.
- Inventario: Poseer o invertir en materiales, piezas en proceso o producto terminado innecesario para los requerimientos de demanda.
- Corrección: producir piezas que requieran retrabajos.

Inicialmente se debe realizar una recolección de datos sobre el estado actual de la cadena de valor, donde se documenta la información y necesidades del cliente, de igual manera se realiza esta indagación hacia los proveedores.

Al determinar la familia de producto a analizar se procede a realizar el mapeo de la situación actual, donde se determina:

- Tiempo de ciclo (CT): tiempo en el cual el operario realiza la operación antes de iniciarla nuevamente.
- Takt Time (TT): tiempo en el cual el cliente demanda una unidad de producto o servicio.

- Lead Time (LT): Periodo de tiempo en el cual el material atraviesa toda la cadena de suministro.
- Cuello de botella: Es una actividad dentro del proceso productivo que disminuye la velocidad de su flujo.
- Número de Operarios: cantidad de personal que debe presentarse para realizar el proceso.

En el mapa se representan las entidades y operaciones como se muestra en la *Tabla 1* **Simbología VSM**.

Al analizar este mapa, se procede a realizar un estado futuro, en búsqueda de reducción de los diferentes desperdicios presentados y observados, basándose en parámetros de eficiencia y eficacia.

2.2.2 Yamazumi. El significado literal de la palabra es apilar en montones, y es una representación por medio de grafico de barras donde se muestra el balance de cargas de trabajo de cada operario en relación con el Takt Time[4].

El Takt Time es el tiempo en el cual el cliente demanda una unidad de producto o servicio. Cada columna se construye con el apilamiento de las actividades que realiza el operario en cada centro de trabajo u operación, las cuales se clasifican en 3 categorías, cada una identificada con un color diferente:

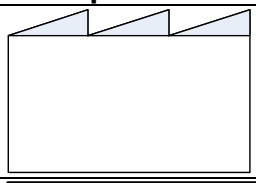
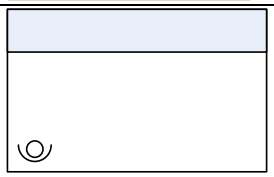
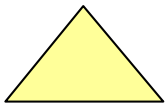
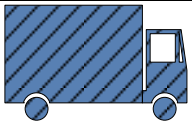
- Actividades de color verde: son las actividades que agregan valor al producto y son absolutamente necesarias para el desarrollo del mismo.
- Actividades de color amarillo: son actividades que no agregan valor al producto, más aun así, son necesarias para el debido desarrollo de las

[4] Instructivo aplicación Yamazumi DANA Transejes Colombia.

operaciones del proceso productivo, tal como verificaciones, controles y transporte de material.

- Actividades de color rojo: son las actividades que no agregan o generan valor alguno al producto, y son tiempo o esfuerzo considerados como desperdicios.

Tabla 1 Simbología VSM

Nombre	Representación
Los clientes y proveedores	
Los procesos y su número respectivo de operarios	
Los inventarios	
Transportes o envíos	
Información	
Flujo del proceso	

1. *Recolección de datos.*

Inicialmente se realiza una toma de tiempos (*Figura 1* **Formato para la toma de tiempos**), observando cada operación del proceso productivo, determinando las actividades que realizan dentro de él, para cumplir su desarrollo. Se toman diferentes muestras, llenando los formatos y al procesar los datos se cuantifica el periodo que el operario dedica a realizar cada actividad.

2. *Combinación de actividades.*

Se procede a realizar una tabla de combinación, donde la actividad con el tiempo más extenso encabeza el listado, y a partir de allí continua la secuencia normal del ciclo (*Figura 2*).

Figura 1 Formato para la toma de tiempos

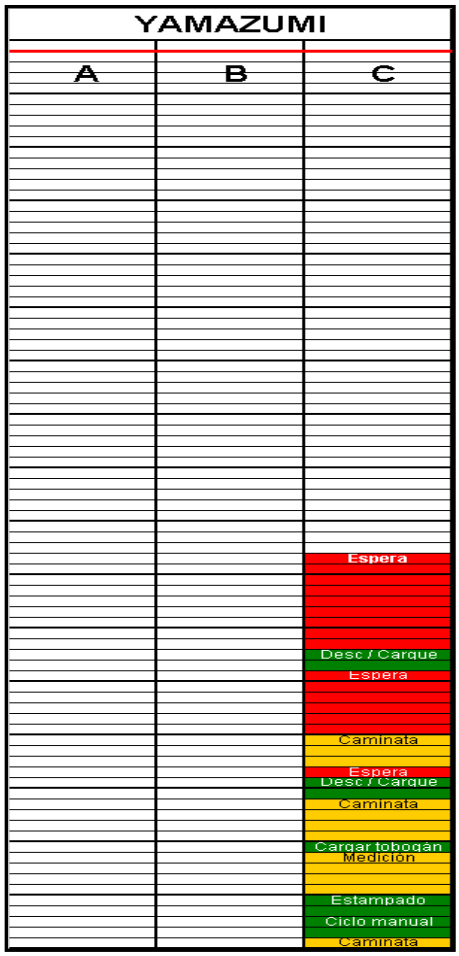
Sec.	Actividad	Tiempo en segundos			1	2	3		PROM					
		Manual	Caminata	Máquina										
1	DESCARGUE / CARGUE ESTACIÓN # 2	X			2	1	2		2					
2	ESPERA CAUDAL DISPONIBLE	X			1	2	1		1					
3	CICLO ESTACIÓN # 2			X	21	21	21		21					
4	CAMINATA ESTACIÓN # 1		X		3	3	2		3					
5	ESPERA FIN DE CICLO ESTACIÓN # 1	X			2	2	3		2					
6	DESCARGUE / CARGUE ESTACIÓN # 1	X			2	3	2		2					
7	ESPERA FIN DE CICLO ESTACIÓN # 2	X			9	8	9		9					
8	CICLO ESTACIÓN # 1			X	26	26	26		26					
9	CAMINATA A MAGNATEST		X		1	1	1		1					
10	CICLO MAGNATEST			X	2	2	2		2					
11	ESTAMPADO DE TULIPA	X			2	2	2		2					
12	MEDICIÓN DE ANILLOS	X			4	5	4		4					
13	CARGAR TOBOGÁN	X			1	1	2		1					
14	CAMINATA A LAVADORA		X		4	4	5		4					

Figura 2 Tabla de combinación

3. *Apilamiento por operario.*

Para realizar el diagrama de barras, a cada operario se le asigna una columna, y a partir de la base del diagrama, inicia el apilamiento de las actividades de dicha operación. Por último se incluye el Takt Time, trazando una línea que limita el tiempo que no deben sobrepasar los ciclos de cada operación (*Figura 3*).

Figura 3 Apilamiento por operario



2.2.3 5´s. Es una de las herramientas del lean manufacturing; sirve para transformar físicamente un área de trabajo para una mayor comodidad, eficiencia y seguridad, además contribuye al cambio de hábitos de las personas para

mantener la situación mejorada. La metodología sigue 5 pasos para su funcionamiento:

1. *Seiri-Separar*: retirar del área todo lo innecesario.

Se define para que funciones existe el área (almacenar, mecanizar, ensamblar, procesar documentación, enseñar, cocinar, etc.). La transformación del área debe contribuir a facilitar su función. Se separa elementos innecesarios y necesarios (incluida documentación). Los elementos innecesarios saldrán del área con destino: basura, chatarra, reciclables u otras áreas donde sean necesarios (lo que no pueda trasladarse de inmediato se etiqueta para ser procesado posteriormente) y lo elementos necesarios permanecerán en el área clasificados según su frecuencia de uso. Es momento también para reparar o sustituir lo que esté en mal estado (si no puede hacerse de inmediato se etiqueta para ser reparado o sustituido posteriormente).

2. *Seriton-Ordenar*: colocar cada cosa en el lugar que se necesita.

Ahora se debe considerar en qué lugar se utilizan esos elementos necesarios. Se reubicamos según frecuencia de uso y limitaciones en su manipulación.

3. *Seiso-Limpiar*: limpiar y eliminar las fuentes de suciedad.

Realizando una limpieza integral se descubre el verdadero estado del medio en el que se labora y se puede actuar previniendo futuros problemas, como por ejemplo:

- ✓ Fuentes de suciedad (fugas, grietas, etc.).
- ✓ Averías.
- ✓ Equipos defectuosos.

El nivel de limpieza a exigir en adelante será aquel que no esconda los problemas y garantice seguridad. Para esto se provee el área de los medios necesarios.

4. *Seiketsu-Estandarizar*: crear formar de reconocer si el estado del puesto de trabajo es el adecuado.

Para reconocer de un vistazo lo incorrecto creamos medios para controlar visualmente:

- ✓ Si se tiene todo lo que se necesita en la cantidad justa.
- ✓ Si las maquinas funcionan dentro de las condiciones óptimas.

Para corregir lo incorrecto se crea sistemas o instrucciones para:

- ✓ Devolver las cosas a su sitio y reponer lo que se necesita.
- ✓ Devolver las maquinas a sus condiciones óptimas.

5. *Shitsuke-Sostener*: Cambiar los hábitos de orden y limpieza realizando un seguimiento de lo que se logró, corrigiendo y no conformándose.

2.2.4 Estandarización**.** Uno de los fundamentos del lean manufacturing es la estandarización. El estándar es una referencia que nos indica cual es “la mejor forma conocida de realizar un trabajo”, aquella que proporciona la máxima seguridad y eficiencia. Puede venir en forma de procedimiento, norma, regla, instrucciones, etc., en definitiva es algo en lo que se puede (y de hecho se debe) fijar.

Se entiende que si los procesos siguen el estándar los resultados serán los mejores que se pueden obtener. Cualquier mejora en el proceso implicara una actualización en el estándar, y para sostener esa mejora habrá que respetar el nuevo estándar. Por eso se puede decir que sin estandarización no hay mejora posible.

El estándar es la cuña que asegura que una vez mejorado el proceso no haya vuelta atrás.

2.2.5 Gestión Visual. Es una herramienta del Lean Manufacturing que hace evidentes las desviaciones del estándar. Tiene dos objetivos fundamentales:

1. Dar a conocer el estándar establecido en cada momento.
2. Facilitar la supervisión del cumplimiento del estándar.

Para detectar los problemas se debe hacer que las desviaciones del estándar se hagan evidentes, de forma que se pueda reaccionar directamente en el lugar en que se producen; el orden y la transparencia hacen posible la gestión visual: los problemas se detectan con facilidad.

Gestión visual no solo significa tomar decisiones sobre lo que vemos sino que además crea condiciones para que lo que se ve de información clara y suficiente. Al fin y al cabo, es en general a través de la vista como se recibe la mayor parte de la información que condiciona las acciones.

2.3 DISEÑO Y ANÁLISIS DE EXPERIMENTOS[5]

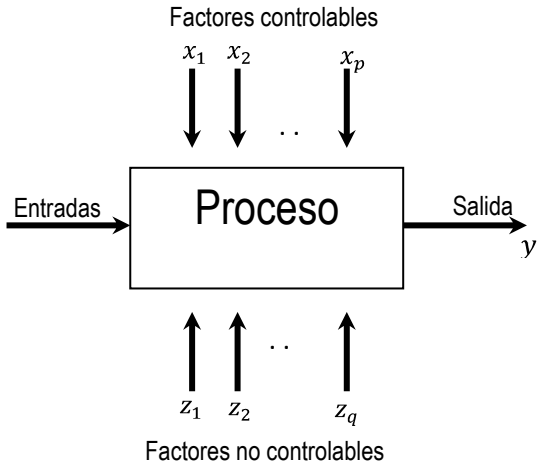
2.3.1 Estrategia de experimentación. Investigadores de prácticamente todos los campos de estudio llevan a cabo experimentos, por lo general para descubrir algo acerca de un proceso o sistema particular. En un sentido literal, un experimento es una **prueba**. En una perspectiva más formal, un **experimento** puede definirse como una prueba o serie de pruebas en las que se hacen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema para observar e identificar las razones de los cambios que pudieran observarse en la respuesta de salida.

[5]MONTGOMERY, Douglas. *Diseño y análisis de experimentos*. 2da Edición. México, D.F.: Editorial Limusa, S.A., 2004. p. 1-17.

En ingeniería, la experimentación desempeña un papel importante en el diseño de productos nuevos, el desarrollo de procesos de manufactura y el mejoramiento de procesos. El objetivo en muchos casos seria desarrollar un proceso robusto, es decir, un proceso que sea afectado en forma mínima por fuentes de variabilidad externas. En cualquier experimento, los resultados y las conclusiones que puedan sacarse dependen en gran medida de la manera en que se recabaron los datos.

En general los experimentos se usan para estudiar el desempeño de procesos y sistemas. El proceso o sistema puede representarse con el modelo ilustrado en la*Figura 4*. El proceso puede por lo general visualizarse como una combinación de máquinas, métodos, personas u otros recursos que transforman cierta entrada (con frecuencia un material) en una salida que tiene una o más respuestas observables.

Figura 4 Modelo general de un proceso o sistema



Algunas variables del proceso $x_1, x_2, \ldots, x_p$ son controlables, mientras que otras $z_1, z_2, \ldots, z_q$ son no controlables (aunque pueden serlo para los fines de una prueba). Los objetivos del experimento podrían comprender los siguientes:

1. Determinar cuáles son las variables que tienen mayor influencia sobre la respuesta y.
2. Determinar cuál es el ajuste de las x que tienen mayor influencia para que y este casi siempre cerca del valor nominal deseado.
3. Determinar cuál es el ajuste de las x que tiene mayor influencia para que la variabilidad de y sea reducida.
4. Determinar cuál es el ajuste de las x que tiene mayor influencia para que los efectos de las variables no controlables z_1,z_2,…, z_q sean mínimos.

Como se puede ver por el análisis anterior, los experimentos incluyen muchas veces varios factores. Habitualmente, uno de los objetivos de la persona que realiza un experimento, llamada el **experimentador**, es determinar la influencia que tienen estos factores sobre la respuesta de salida del sistema. Al enfoque general para planear y llevar a cabo el experimento se le llama **estrategia de experimentación**. Existen varias estrategias que podría usar un experimentador. Se ilustraran algunas de ellas con un ejemplo muy sencillo.

Al autor le gusta mucho jugar golf. Desafortunadamente, no le agrada practicar, por lo que siempre busca la manera más sencilla para bajar su puntuación. Algunos de los factores que él considera importantes, o que podría influir en su puntuación, son los siguientes:

1. El tipo de palo usado (grande o normal).
2. El tipo de pelota usada (de goma de balata o de tres piezas).
3. Caminar cargando los palos de golf o hacer el recorrido en un carrito.
4. Beber agua o cerveza durante el juego.
5. Jugar en la mañana o en la tarde.
6. Jugar cuando hace frio o hace calor.
7. El tipo de spikes usados en los zapatos de golf (metálicos o de hule).
8. Jugar en un día con viento o en uno apacible.

Evidentemente, hay muchos otros factores que podrían considerarse, pero supongamos que estos son los de interés primario. Además, teniendo en cuenta su larga experiencia en el juego, el autor decide que los factores 5 al 8 pueden ignorarse; es decir, estos factores no son importantes porque sus efectos son tan pequeños que carecen de valor práctico. Los ingenieros y los investigadores deben tomar a menudo este tipo de decisiones acerca de algunos de los factores que examinan en experimentos reales.

Consideremos ahora como podrían probarse experimentalmente los factores 1 al 4 para determinar su efecto sobre la puntuación del autor. Suponga que en el curso del experimento pueden jugarse un máximo de ocho rondas de golf. Un enfoque consistiría en seleccionar una combinación arbitraria de estos factores, probarlos y ver qué ocurre. Por ejemplo, suponga que se selecciona la combinación del palo grande, la pelota de goma de balata, el carrito y el agua, y que la puntuación resultante es 87. Sin embargo, durante la ronda el autor noto varios tiros descontrolados con el palo grande y, en consecuencia, decide jugar otra ronda con el palo normal, manteniendo los demás factores en los mismos niveles usados anteriormente. Este enfoque podría continuar de manera casi indefinida, cambiando los niveles de uno (o quizá dos) de los factores para la prueba siguiente, con base en el resultado de la prueba en curso. Esta estrategia de experimentación, conocida como **enfoque de la mejor conjetura**, es común entre ingenieros y científicos. Funciona de la manera adecuada si los experimentadores cuentan con una gran cantidad de conocimientos técnicos o teóricos del sistema que están estudiando, así como amplia experiencia práctica. Sin embargo, el enfoque de la mejor conjetura presenta al menos dos desventajas. Primera, supóngase que la mejor conjetura inicial no produce los resultados deseados. Entonces el experimentador tiene que hacer otra conjetura acerca de la combinación correcta de los niveles de los factores. Esto podría continuar por mucho tiempo, sin garantía alguna de éxito. Segunda, supóngase que la mejor

conjetura inicial produce un resultado satisfactorio. Entonces el experimentador se ve tentado a suspender las pruebas, aun cuando no hay ninguna garantía de que se ha encontrado la mejor solución.

Otra estrategia de experimentación muy común en la práctica es **el enfoque de un factor a la vez**. Este método consiste en seleccionar un punto de partida, o línea **base** de los niveles, para cada factor, para después variar sucesivamente cada factor en su rango, manteniendo constantes los valores factores restantes en el nivel base. Después de haber realizado todas las pruebas, se construye por lo general una seria de graficas en las que se muestra la forma en que la variable de respuesta es afectada al variar cada factor manteniendo los demás factores constantes. La desventaja principal de la estrategia de un factor a la vez es que no puede tomar en consideración cualquier posible **interacción** entre los factores. Las interacciones entre factores son muy comunes y, en caso de existir, la estrategia de un factor a la vez casi siempre producirá resultados deficientes. Muchas personas no perciben esto y, en consecuencia, los experimentos de un factor a la vez son comunes en la práctica. Los experimentos de un factor a la vez siempre son menos eficientes que otros métodos basados en un enfoque estadístico del diseño experimental.

El enfoque correcto para trabajar con varios factores es conducir un experimento **factorial**. Se trata de una estrategia experimental en al que los factores se hacen variar en *conjunto*, en lugar de uno a la vez. El concepto de diseño experimental factorial es de suma importancia. Para ilustrar la forma en que se lleva a cabo un experimento factorial, considere el experimento de golf y suponga que solo dos de los factores son de interés, el tipo de palo y el tipo de pelota. En este experimento factorial ambos factores tienen dos niveles y que en el diseño se usan todas las combinaciones posibles de los niveles de ambos factores. Geométricamente las cuatro corridas forman los vértices de un cuadrado. A este tipo particular de experimento factorial se le llama **diseño factorial 2^2** (dos factores, cada uno con

dos niveles). Debido a que el autor considera razonable suponer que jugara ocho rondas de golf con cada combinación de los niveles de los factores. Un diseñador de experimentos diría que se han hecho dos **réplicas** del diseño. Este diseño experimental permitiría al experimentador investigar los efectos individuales (o los efectos **principales**) en cada factor y determinar si existe alguna interacción entre los factores.

Una característica muy importante del experimento factorial: en los diseños factoriales se hace el uso más eficiente de los datos experimentales. Note que este experimento incluyo ocho observaciones, y que las ocho observaciones se usan para calcular los efectos del palo, de la pelota y de la interacción. Ninguna otra estrategia de experimentación hace un uso tan eficiente de los datos. Esta es una característica importante y útil de los diseños factoriales.

En general, si hay k factores, cada uno con dos niveles, el diseño factorial requeriría 2^k corridas. Evidentemente cuando el número de factores de interés aumenta, el número de corridas requeridas se incrementa con rapidez.

Por fortuna, cuando se trabaja con cuatro, cinco o más factores, por lo general no es necesario probar todas las combinaciones posibles de los niveles de los factores. Un **experimento factorial fraccionado** es una variación del diseño factorial básico en la que solo se realiza un subconjunto de las corridas.

2.3.2 Principios básicos*.* Los tres principios básicos del diseño experimental son la **realización de réplicas**, la **aleatorización** y la **formación de bloques**. Por **realización de réplicas** se entiende la repetición del experimento básico.
Hay una diferencia importante entre réplicas y **mediciones repetidas**. Por ejemplo, suponga que una oblea de silicio se graba con un proceso de grabado químico con plasma para oblea única, y que se hacen tres mediciones de una dimensión crítica de esta oblea. Estas mediciones no son réplicas; son una forma

de mediciones repetidas y, en este caso, la variabilidad observada en las tres mediciones repetidas es reflejo directo de la variabilidad inherente del sistema o instrumento de medición. En las réplicas se reflejan las fuentes de variabilidad tanto **entre** las corridas como (potencialmente) **dentro** de las mismas.

La **aleatorización** es la piedra angular en la que se fundamenta el uso de los métodos estadísticos en el diseño experimental. Por aleatorización se entiende que tanto la asignación del material experimental como el orden en que se realizaran las corridas o ensayos individuales del experimento se determinan al azar.

La **formación de bloques** es una técnica de diseño que se utiliza para mejorar la precisión de las comparaciones que se hacen entre los factores de interés. Muchas veces la formación de bloques se emplea para reducir o eliminar la variabilidad transmitida por **factores perturbadores**; es decir, aquellos factores que pueden influir en la respuesta experimental pero en los que no hay un interés específico.

2.3.3 Pautas generales para diseñar experimentos. Para aplicar el enfoque estadístico en el diseño y análisis de un experimento, es necesario que todos los que participan en el mismo tengan desde el principio una idea clara de que es exactamente lo que va a estudiarse, como van a colectarse los datos, y al menos una comprensión cualitativa de la forma en que van a analizarse estos datos.

1. Identificación y enunciación del problema.

Este punto podría parecer muy obvio, pero es común que en la práctica no sea sencillo darse cuenta de que existe un problema que requiere experimentación, y tampoco es fácil desarrollar una enunciación clara, con la que todos estén de acuerdo, de este problema. Es necesario desarrollar todas las ideas acerca de los objetivos del experimento. Generalmente, es importante solicitar aportaciones de

todas las áreas involucradas: ingeniería, aseguramiento de calidad, manufactura, mercadotecnia, administración, el cliente y el personal de operación. Por esta razón, se recomienda un enfoque de equipo para diseñar experimentos.

2. Elección de los factores, los niveles y los rangos.

Cuando se consideran los factores que pueden influir en el desempeño de un proceso o sistema, el experimentador suele descubrir que estos factores pueden clasificarse como **factores potenciales del diseño** o bien como factores perturbadores. Los factores potenciales del diseño son aquellos que él experimentador posiblemente quiera hacer variar en el experimento. Es frecuente encontrar que hay muchos factores potenciales del diseño, por lo que es conveniente contar con alguna clasificación adicional de los mismos. Algunas clasificaciones útiles son **factores del diseño**, **factores que se mantienen constantes** y **factores a los que se permite variar**. Los factores del diseño son los que se seleccionan realmente para estudiarlos en el experimento. Los factores que se mantienen constantes son variables que pueden tener cierto efecto sobre la respuesta, pero que para los fines del experimento en curso no son de interés, por lo que se mantendrán fijos en un nivel específico.

3. Selección de la variable de respuesta.

Para seleccionar la variable de respuesta, se debe tener la certeza de que esta variable proporciona en realidad información útil acerca del proceso bajo estudio. En la mayoría de los casos, el promedio o la desviación estándar (o ambos) de la característica medida será la variable de respuesta. La eficiencia de los instrumentos de medición (o error de medición) también es un factor importante. Se reitera lo crucial que es exponer todos los puntos de vista y la información del proceso en los pasos 1 al 3 anteriores. Se hace referencia a esto como **planeación previa al experimento**.

4. Elección del diseño experimental.

Si las actividades de planeación previas al experimento se realizan como es debido, este paso es relativamente sencillo. La elección del diseño implica la consideración del tamaño de la muestra (número de réplicas), la selección de un orden de corridas adecuado para los ensayos experimentales y la determinación de si entran en juego o no la formación de bloques u otras restricciones sobre la aleatorización.

Al seleccionar el diseño, es importante tener en mente los objetivos experimentales. En muchos experimentos de ingeniería se sabe de antemano que algunos de los niveles de los factores producirán valores diferentes de la respuesta. En consecuencia, el interés se centra en identificar *qué* factores causan esta diferencia y en estimar la *magnitud* del cambio de la respuesta. En otras situaciones podría haber más interés en verificar la uniformidad. Por ejemplo, pueden compararse dos condiciones de producción A y B, donde A es el estándar y B es una alternativa con una eficiencia de costos mayor. El experimentador estará interesado entonces en demostrar que, por ejemplo, no hay ninguna diferencia en el rendimiento entre las dos condiciones.

5. Realización del experimento.

Cuando se lleva a cabo el experimento es vital monitorear con atención el proceso a fin de asegurarse de que todo se esté haciendo conforme a la planeación. Los errores en el procedimiento experimental en esta etapa destruirán por lo general la validez experimental. Poner en primer plano la planeación es crucial para el éxito. Es fácil subestimar los aspectos de logística y planeación cuando se corre un experimento diseñado en un ambiente complejo de manufactura o de investigación y desarrollo.

6. Análisis estadístico de los datos.

Deberán usarse métodos estadísticos para analizar los datos a fin de que los resultados y las conclusiones sean objetivos y no de carácter apreciativo. Si el experimento se ha diseñado correctamente y si se ha llevado a cabo de acuerdo con el diseño, los métodos estadísticos necesarios no deben ser complicados. Debido a que muchas de las preguntas que el experimentador quiere responder pueden insertarse en el marco de la prueba de hipótesis, los procedimientos para probar hipótesis y estimar intervalos de confianza son muy útiles en el análisis de datos de un experimento diseñado. Muchas veces es muy útil también presentar los resultados de varios experimentos en términos de un **modelo empírico**, es decir, mediante una ecuación derivada de los datos que expresa la relación entre la respuesta y los factores importantes del diseño. El análisis residual y la verificación de la adecuación del modelo son también técnica de análisis importantes.

Recuerde que los métodos estadísticos no pueden demostrar que un factor (o factores) posee un efecto particular, solo proporcionan pautas generales en cuanto a la confiabilidad y la validez de los resultados. La ventaja principal de los métodos estadísticos es que agregan objetividad al proceso de toma de decisiones. Las técnicas estadísticas, aunadas a una buena ingeniería o conocimiento del proceso y el sentido común, llevaran por lo general a conclusiones sólidas.

7. Conclusiones y recomendaciones.

Una vez que se han analizado los datos, el experimentador debe sacar 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. También deberán realizarse **corridas de seguimiento** o **pruebas de confirmación** para validar las conclusiones del experimento.

A lo largo del proceso completo es importante tener presente que la experimentación es una parte esencial del proceso de aprendizaje, en la que se formula hipótesis tentativas acerca de un sistema, se realizan experimentos para investigar estas hipótesis y se formulan nuevas hipótesis con base en los resultados, y así sucesivamente. Esto sugiere que la experimentación es **iterativa**. A medida que avanza un programa experimental, es común abandonar algunas variables de entrada e incorporar otras, modificar la región de exploración de algunos factores o incorporar nuevas variables de respuesta.

2.5 CONCRETO

Es una masa heterogénea constituida básicamente por agregados, cemento, agua y algunas veces aditivos, que una vez endurecida tiene característica de resistir esfuerzos mecánicos en especial a la compresión.

Los agregados es el material llenante; están compuestos de una parte gruesa y otra fina, donde la diferencia entre estos es el tamaño de las partículas.

El cemento es el pegante o ligante hidráulico, es decir, el material que en determinadas condiciones es capaz de endurecerse con el transcurso del tiempo, uniendo a los otros materiales heterogéneos (agregado). Este se endurece al exponerlo al agua (proceso de hidratación) lo que da una acción inicial de fraguado (reacción química), que a su término convierte la masa plástica de concreto fresco en una masa endurecida e indeformable. A continuación se da un largo periodo de endurecimiento en donde se alcanzan las resistencias mecánicas.

Otro factor que se debe tener presente aparte del cemento y el agua para realizar pasta, es el aire, atrapado naturalmente o incluido intencionalmente. El volumen de aire atrapado es introducido durante las operaciones de dosificación y mezcla

del concreto y es variable en cantidad, tamaño y forma de las burbujas; si el porcentaje de las burbujas ocupa un volumen relativamente grande, se obtiene una disminución importante de la resistencia potencial de la mezcla.

El aire que es incluido intencionalmente en el concreto fresco se denomina aire incorporado; se considera uno de los grandes avances en la tecnología del concreto, y hoy por hoy se recomienda para casi todos los concretos, especialmente para mejorar características de manejabilidad y durabilidad. Consiste en esferoides introducidos al utilizar un cemento por inclusión de aire o por aditivos inclusores de aire durante el mezclado. El tamaño promedio de estas burbujas usualmente va de 0,05 mm a 1,27 mm y se distribuyen uniformemente a través de la pasta; además, su alta tensión superficial hace que sean muy resistentes.

La inclusión de una cantidad apropiada de aire en el concreto produce efectos deseables a sus características, sin mencionar una reducción considerable de peso cuando el concreto se encuentre en estado endurecido. En estado fresco mejora la trabajabilidad y disminuye el riesgo de segregación, por otro lado, en estado endurecido mejora notablemente la durabilidad, reduce la permeabilidad, aumenta la resistencia a la acción de los sulfatos y sustancias químicas, permite la reducción del agua de mezclado y la cantidad de arena en mezcla.

Un buen concreto es aquel que resulta satisfactorio en sus 2 estados: fresco y endurecido. Las condiciones relativas del estado fresco residen en que el grado de humedad de la mezcla sea el adecuado para que el concreto pueda ser transportado, se pueda compactar y posea la cohesión suficiente para evitar producir segregación o exudación. El estado endurecido, debe tener una resistencia satisfactoria y una durabilidad adecuada, donde la permeabilidad es un agente determinante en esta propiedad, ya que esta determina la vulnerabilidad del concreto hacia agentes externos. Al poseer un conocimiento más claro de las

propiedades del concreto hace posible realizar la selección de mezcla más apropiada y económica en función de las necesidades de la organización.

2.5.1 Concreto Fresco*.* Las propiedades presentes en esta estado a analizar son:

- Trabajabilidad o manejabilidad:

Es el grado de dificultad o facilidad con que el concreto puede ser mezclado, manejado, transportado, colocado y terminado sin que pierda su homogeneidad. De aquí se puede notar que la manejabilidad es una combinación de varias propiedades, siendo las más relevantes:

- ✓ Compactabilidad: facilidad con que el aire atrapado en la mezcla puede ser expedido.
- ✓ Movilidad: facilidad con la que el concreto puede fluir sobre de las superficies.
- ✓ Cohesividad: resistencia de un mezcla de concreto a la segregación y/o exudación.
- ✓ Consistencia: se refiere al grado de fluidez, o sea, el grado de humedad de la mezcla.
- ✓ Plasticidad: es la propiedad del concreto que permite ser fácilmente moldeado, y que a la vez cambie de forma lentamente si se saca del molde en estado fresco.

Los factores de que depende la manejabilidad son:

- ✓ Gradación de los agregados: ocupan entre el 60% y 80% del volumen total del concreto. El componente fino (arena) es aquel cuyo diámetro varía entre 74µ y 5 mm; y el componente grueso (grava) son los que superan el diámetro de 5mm.La granulometría de una masa de agregados se define como la distribución de tamaño de sus partículas, y está establecido por la norma ICONTEC 32. Esta distribución se realiza pasando el agregado a través de una serie de tamices. Tamices son básicamente mallas de aberturas cuadradas.

Es importante poseer una masa de agregados de granulometría continua, permitiendo que las partículas dentro de la mezcla puedan coincidir y compactarse mucho mejor en la pasta, permitiendo mayor densidad a la mezcla y una posterior resistencia alta.

- ✓ Fluidez de la pasta: la plasticidad de la mezcla depende en gran parte de las cantidades relativas de agua y cemento. Cuando la cantidad de cemento es mucho mayor en relación al agua, la pasta es muy rígida, y en relación con los agregados se vuelve una mezcla prácticamente inmanejable debido a que no se produce la suficiente lubricación entre las partículas. Por el contrario, si el contenido de cemento es bajo, se puede tener una pasta tan fluida que los granos de agregado queden “nadando”, produciéndose así segregación y exudación en el concreto.

Por lo tanto la pasta en estado fresco debe ser una suspensión y no una solución de cemento en agua, entre más diluida, la estructura de concreto será más pobre independiente del grado de hidratación que se le dé, es decir, la resistencia varia de forma inversa a la relación agua/cemento.

- ✓ Cantidades relativas de pasta y agregados: la manejabilidad se ve afectada por la cantidad existente entre la cantidad de pasta y el área de los agregados que esta debe lubricar y pegar. Este factor se conoce como relación pasta/agregados. Con altos valores de esta relación, los agregados se pueden mover con facilidad dentro de la masa de concreto. Por el contrario, si la cantidad de pasta se reduce, la mezcla se vuelve áspera y poco trabajable.

- ✓ Relación arena-agregado total: otro factor importante es la cantidad de arena (agregado fino) con respecto a la masa total de agregados. Las que poseen bajo contenido de arena son más difíciles de mezclar, transportar, colocar y

terminar, y presentan una tendencia a producir segregación y exudación. Por otra parte, cuando el contenido es alto, es necesario aumentar la cantidad de agua o pasta para que la mezcla sea trabajable. Cuando se aumenta el agua se pierde resistencia y durabilidad, pero si se aumenta la pasta (cemento), se hace mucho más costosa la mezcla.

- Segregación del concreto:

Se define como la separación de sus constituyentes por la falta de cohesividad, de manera que su distribución deja de ser uniforme.

Las principales causas de este fenómeno es la diferencia entre el tamaño de las partículas, la densidad de los constituyentes de la mezcla y una mala gradación de los agregados. Así mismo también pueden influir factores como un mal mezclado, un inadecuado sistema de transporte, una colocación deficiente y un exceso de vibración en la compactación.

Este fenómeno se puede manifestar de dos maneras: la primera ocurre cuando se usan mezclas pobres o demasiado secas, de tal manera que las partículas del agregado grueso tienden a separarse. La segunda ocurre en mezclas húmedas, y se manifiesta por la separación de una parte de la pasta de la mezcla.

- Exudación o sangrado del concreto:

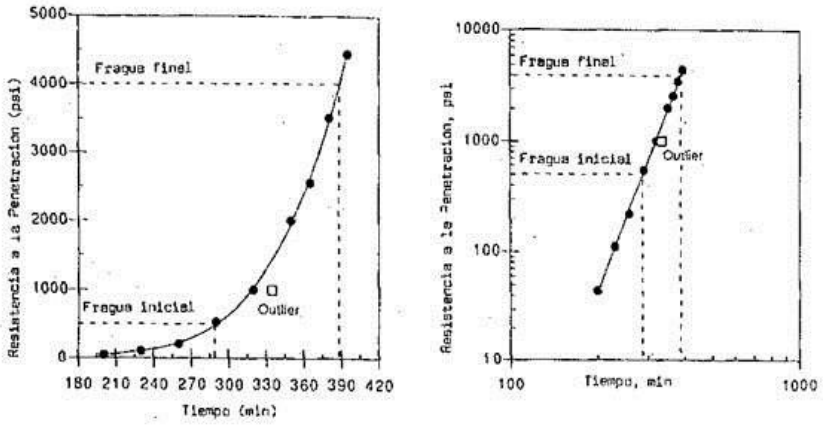
Se considera una manera de segregación en la que parte del agua del mezclado tiende a elevarse a la superficie de una mezcla recién colocada.

Esto es debido a que los constituyentes sólidos de la mezcla no pueden retener toda el agua cuando se asienta durante el proceso de fraguado. Las consecuencias pueden manifestarse en porosidad y baja durabilidad. Este fenómeno se puede controlar con el tipo de cemento utilizado, usando uno con

mayor finura de molido o alto contenido de alkalis. Otra opción es incrementar las partículas finas del agregado.

2.5.2 Proceso de fraguado y endurecimiento. El concreto fresco debe permanecer lo suficientemente plástico durante un tiempo de media hora o una hora como mínimo, para que pueda ser manejado o consolidado convenientemente. Se prosigue a dejar en reposo, donde comienza el proceso de endurecimiento normal hasta que se dice que ha "fraguado". Se ha definido que el tiempo de fraguado del cemento se puede utilizar como el índice de fraguado del concreto (Ver *Figura 5*). El método que determina este tiempo es la norma ICONTEC 890. Después de que el concreto llega al tiempo de fraguado final (aproximadamente 10 horas en reposo), es donde comienza el endurecimiento.

Figura 5 Índice de fraguado



Fotos: Cortesía - Laboratorio SENCICO

2.5.3 Concreto endurecido. En este estado las propiedades de interés son:

- Resistencia:

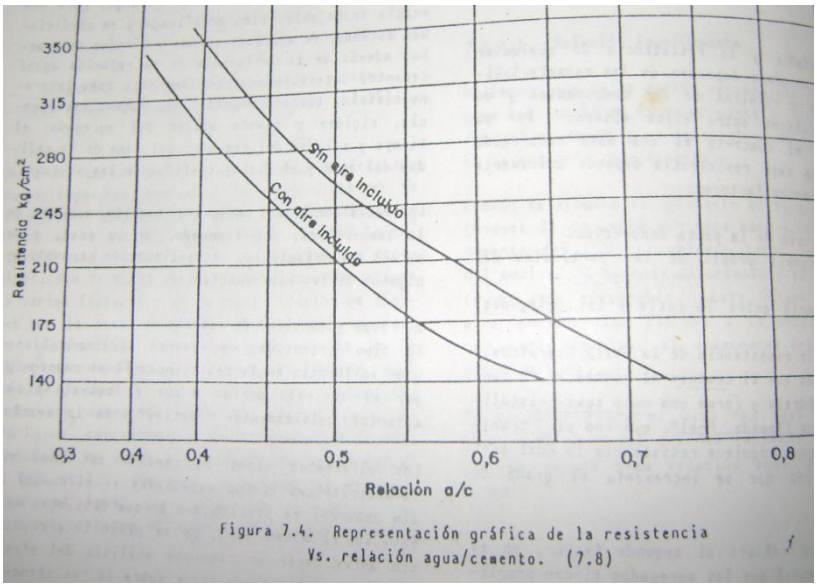
Comúnmente, la resistencia física es la propiedad más importante del concreto, porque en forma directa influye en las demás características de significado

practico. Los concretos más resistentes son más densos, menos permeables. Usualmente exhiben mayor contracción por fraguado y menor extensibilidad, por lo tanto son más propensos a agrietamiento. La resistencia es una habilidad para resistir esfuerzos, considerándolos como compresión, tracción, flexión y corte.

- Relación agua/cemento:

El agua aproximadamente hace parte del 15% de volumen total del concreto, del cual el 5% hidrata el cemento y el 10% restante es agua evaporable. Esta última se utiliza para proporcionar fluidez a la mezcla y lograr una masa plástica, al evaporarse deja en su lugar poros de aire (ver *Figura 6*).

Figura 6 Grafico Resistencia vs Agua/Cemento



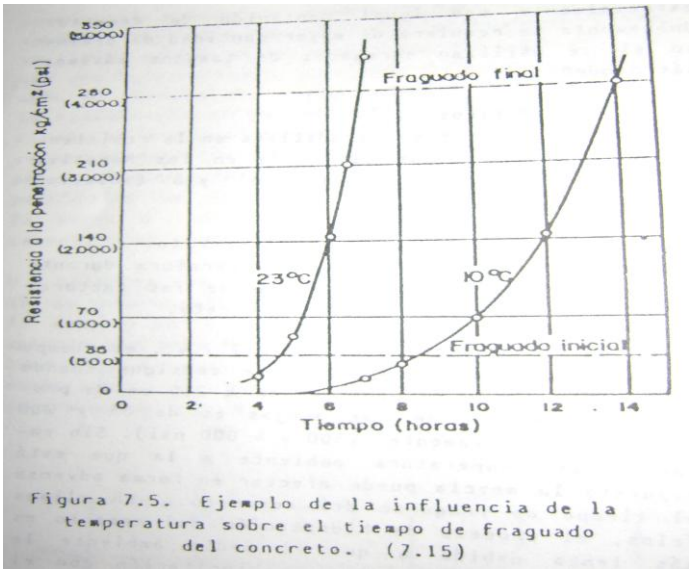
*Fuente *Compilación de normas ICONTEC por el instituto colombiano de Productores de Cemento. 1984*

- Influencia del fraguado del concreto:

La condición de tiempo y temperatura en el fraguado es vital para la resistencia. La temperatura ambiente a la que está expuesta la mezcla puede afectar en forma adversa el tiempo de fraguado del concreto (ver *Figura 7*). En climas fríos, el proceso de hidratación del cemento es más lento debido a que el medio ambiente

le “roba” parte del calor de hidratación con el subsecuente retardo del tiempo de fraguado y por tanto, la adquisición de resistencia se demora. Por el contrario, si la temperatura es elevada, se aumenta la resistencia a muy temprana edad, pero se disminuye aproximadamente después de los 7 días.

Figura 7 Comportamiento Fraguado en relación con la Temperatura



*Fuente *Compilación de normas ICONTEC por el instituto colombiano de Productores de Cemento. 1984*

- Curado del concreto:

Luego del fraguado, es importante mantener tan saturado de agua como sea posible al concreto, con el fin de terminar de hidratar el cemento y conseguir así su máxima eficiencia. Por esta razón, la resistencia depende en gran medida de la atención que se le preste a este factor.

- Durabilidad:

Es la habilidad para resistir el uso conservando las propiedades para las que fue diseñado a través de su vida de servicio. Debido a que esta propiedad está asociada a agente externos del ambiente y la exposición del concreto, y que los

lavaderos no miden su calidad por ello, no se profundizara en un análisis de sus variantes.

3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

3.1 PERFIL DE LA EMPRESA

Razón social	Mármoles & Bloques
NIT	80.433.776-6
Tipo sociedad	Persona natural
Gerente	Jaime Moncada Carvajal
Teléfono	6 46 29 45
Dirección	Finca Los Domínguez Vía Lagunetas a 500 metros del Sagrado Corazón
Departamento	Santander
Municipio	Girón

3.2 NATURALEZA DEL NEGOCIO

Mármoles & Bloques es una empresa dedicada al tratamiento del mármol utilizado para la venta al detalle y elaboración de lavaderos en los departamentos de Santander y Norte de Santander.

3.2.1 Misión. Mármoles & Bloques es una empresa eficaz, transformadora del mármol en productos que agregan belleza a los acabados y decoración en las construcciones de sus clientes, mediante pisos, fachadas y decoración en general, además de un servicio rápido y eficiente que satisface las necesidades, expectativas y bienestar de estos y que conducen a una retribución justa para los accionistas, empleados y sociedad en general, convirtiéndonos en líderes en cada uno de los productos en que competimos.

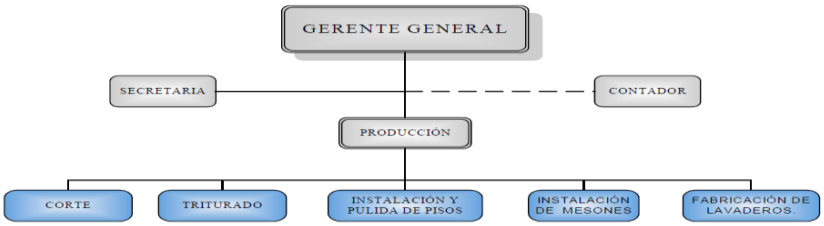
3.2.2 Visión. Mármoles & Bloques se quiere convertir en los próximos años en una empresa competitiva y reconocida en el Oriente Colombiano, por los

productos manufacturados del mármol, además de los servicios que de este se deriven, siempre innovando y garantizando la más alta calidad, eficiencia y rentabilidad, mediante un extraordinario servicio al cliente con respuesta pronta, precisa y acorde con la necesidades del mismo.

3.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

Mármoles& Bloques cuenta con 23 empleados, los cuales 22 pertenecen al área de producción, y una empleada es la encargado de la atención de clientes y los procesos administrativos (*Ilustración 1*).

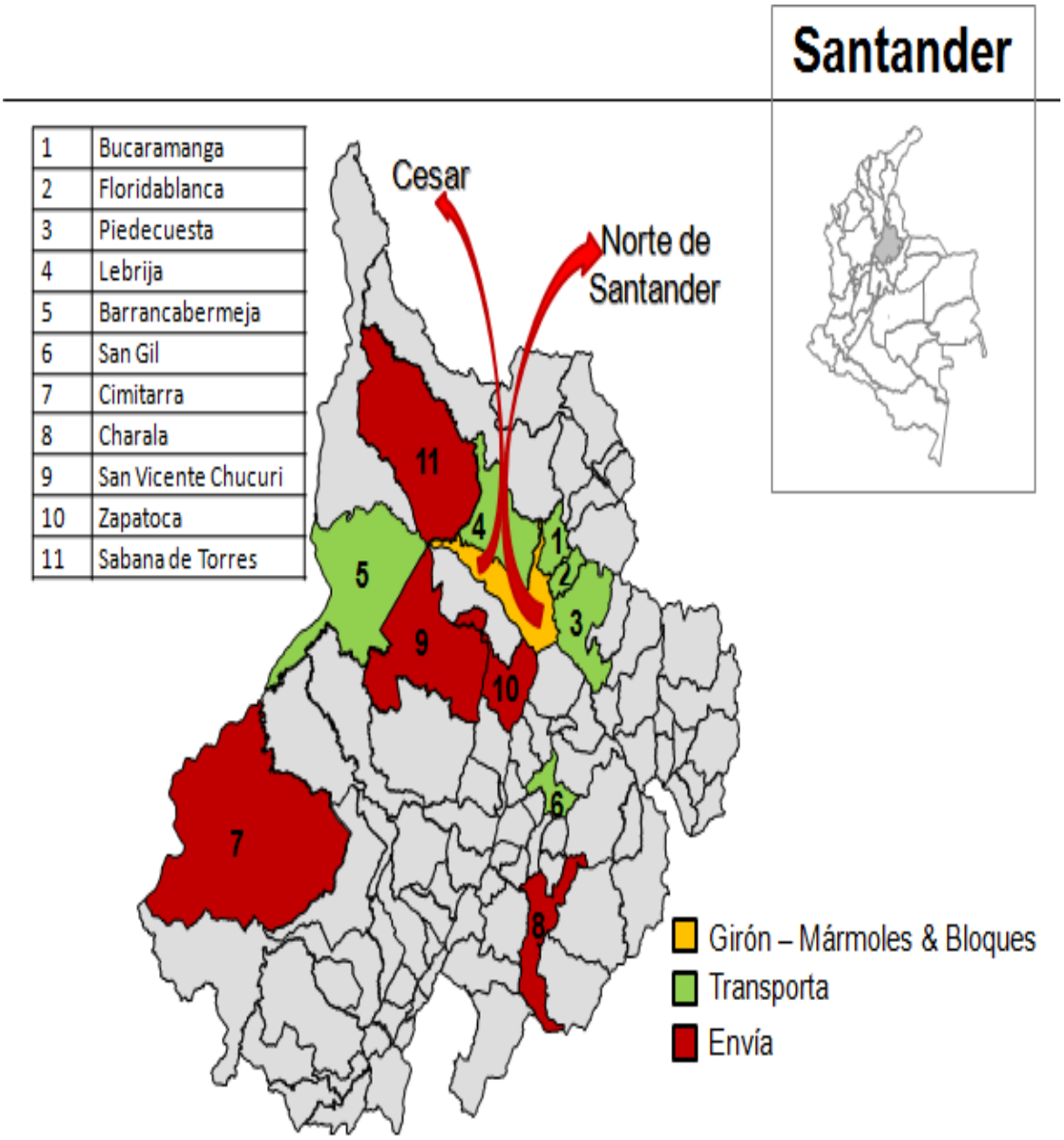
Ilustración 1 Organigrama Mármoles y Bloques



3.4 MERCADOS ATENDIDOS

El dinamismo que se ha venido evidenciando, según el DANE, en la demanda por vivienda, ha sido sin duda el factor promotor del alza durante los últimos 3 años en la demanda de lavaderos, los cuales beneficia al gremio productor de lavaderos al que Mármoles & Bloques pertenece.

Ilustración 2 Sectores de Distribución



En sus inicios Mármoles & Bloques elaboraba lavaderos bajo pedido, solicitados por ferreterías aledañas al lugar donde los elaboraba, es decir en el municipio de Girón, Santander. Hoy día cubre no solo el departamento de Santander (*Ilustración 2*) sino departamentos colindantes como Cesar, Norte de Santander y Arauca. Vale la pena resaltar que la empresa asume el transporte (sectores verdes) hasta donde le sea posible llegar y su capacidad se lo permita, ya que en muchas ocasiones el pedido es más grande de lo que puedo la turbo de la empresa transportar o es de difícil acceso la vía que permite la entrada al sector (sectores rojos), en estos casos se contrata un transportador para enviar el pedido.

3.5 PRODUCTOS

El portafolio de productos de Mármoles y Bloques lo conforman los artículos presentes en el *Anexo A* donde se puede apreciar detalladamente.

3.6 DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

Mármoles& Bloques no cuenta con delimitación de pasillos, centros de trabajo o inventarios; así que al momento de definir los centros de trabajo, se realizó la distribución de la planta de producción basado en su ubicación. De la misma manera se definieron las áreas de inventario y el espacio de área administrativa. A continuación en el *Anexo B* se presenta una breve descripción de cada área.

3.7 Plano General de la planta

Debido a que la empresa no cuenta con planos ni especificaciones claras de su distribución, se realizó la toma de medidas necesarias para construir el plano a escala de la misma (*Anexo C*).

3.8 ETAPAS DEL PROCESO PRODUCTIVO

3.8.1 Mezclado. Se realiza una batida dentro de una mezcladora en forma de cono y con una serie de aspas en su interior, permitiéndole dar a la mezcla mayor uniformidad y evitando agrupamiento de los diferentes componentes de la sustancia. Los componentes de la mezcla son agua, mármol N° 2 y Nº $2\frac{1}{2}$, arena, marmolina y cemento blanco, dando como resultado un concreto en estado húmedo.

3.8.2 Moldeo. Antes de armar los moldes, es necesario aplicar un aceite a cada componente de la matriz, para evitar adhesión de la mezcla a estas herramientas. El armado se realiza de manera manual con tornillos y tuercas. Cuando se encuentran listas las matrices se vierte manualmente la mezcla con ayuda de una pala, que retira la mezcla de una carretilla, la cual se utiliza para trasladarla desde la ubicación donde está el cono de la mezcladora.

3.8.3 Extracción del molde. Al transcurrir un tiempo promedio de 2 a 4 horas (varia por condiciones climáticas y la concentración de los componentes de la mezcla) se inicia el desencofrado del molde de manera manual, retirando las tuercas que mantienen unidas las diferentes partes de la matriz, y dejando únicamente sobre una base el lavadero. A partir de ahí, el lavadero entra en su proceso de fraguado, en el cual se dejara inmóvil por 3 a 5 días (su permanencia en dicho estado es afectado por las variable ya mencionadas, o el nivel de resistencia que se desee por el fabricante) y este se asumirá como un inventario en proceso.

3.8.4 Pulido. Cuando el lavadero ha tomado la debida consistencia y resistencia, es trasladado a la operación de pulido, donde su superficie es limada por una cabeza diamantada para dejar expuestas las piedras de mármol y dando una textura mucho más lisa y agradable al cliente.

3.8.5 Retapado. Se impregna nuevamente el lavadero de una capa de mezcla para arreglar imperfecciones y su uniformidad, ya que en el trascurso de la operación anterior pudo haber retirado piedras de mármol de su superficie ocasionando vacíos en la superficie del lavadero.

3.8.6 Refinado. Se realiza una inspección al lavadero para valorar su estética y se hace un pulido de menor tiempo y con una piedra más fina para terminar de darle uniformidad. Al finalizar, el lavadero se transporta a través de una carretilla al inventario de producto terminado

3.8.7 Empaque. Se colca la rejilla y válvula necesaria para el funcionamiento del lavadero, y se hace un embalaje con cartón en las esquinas del producto, para facilitar su transporte y evitar daños sobre el mismo.

4. DIAGNOSTICO DEL PROCESO PRODUCTIVO

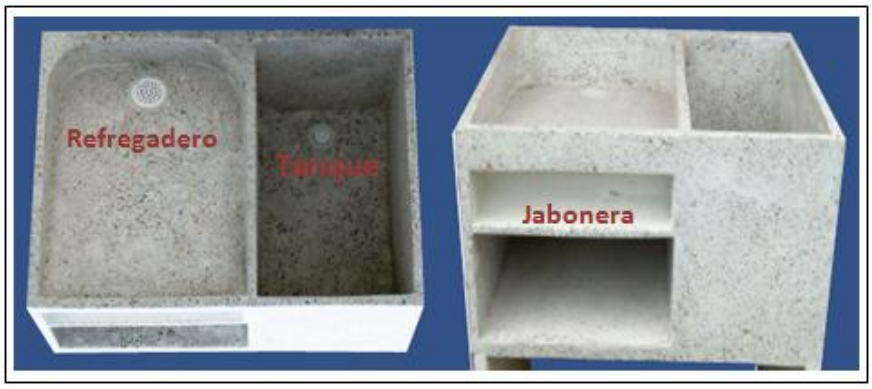
Para la realización de la etapa de descripción y diagnóstico de la cadena de suministro y el proceso productivo se trabajó principalmente con la observación directa y una serie de entrevistas al personal de operaciones y el gerente de la empresa.

La observación del proceso se realizó para identificar las diferentes etapas que deben realizarse para la elaboración de lavaderos de granito y caracterizar dichas operaciones. Así mismo, para cuantificar y evaluar el estado actual de la compañía se realizaron diferentes métodos de diagnóstico basados en manufactura esbelta, los cuales arrojaron las diferentes problemáticas a afrontar en el trascurso de este proyecto. Adicionalmente se evaluó a través de un sistema de indicadores el desempeño en las diferentes áreas de la compañía.

4.1 CADENA DE SUMINISTRO DE MÁRMOLES & BLOQUES

Mármoles & Bloques se encuentra ubicada en la finca Los Domínguez, Vía Lagunetas en el municipio de Girón, Santander. Fabrica lavaderos en granito de mármol en una variedad de colores y en cinco tamaños diferentes (1mt*0.6mt, 0.9mt*0.6mt, 0.8mt*0.6mt, 0.7mt*0.6mt y 0.6mt*0.6mt). Un lavadero está compuesto por el refregadero, el tanque y dos jaboneras (*Ilustración 3*).

Ilustración 3 Partes del lavadero



Para la elaboración de lavaderos se compra para la mezcla cemento, arena, granito de mármol y otros agregados como la marmolina (extraído también del mármol), además de las rejillas para su ensamble final. Luego de la preparación de la mezcla, se vierte en moldes para fundir el lavadero como lo muestra la *Ilustración 4*.

Luego de fundirlo, se deja hasta que la mezcla adquiera consistencia y así poder desencofrar las partes del lavadero (refregadero y tanque), una vez retiradas las partes se deja reposar el lavadero hasta que adquiera la dureza necesaria para que mantenga su forma, luego se retira los contornos del lavadero y se deja que continúe con su proceso de fraguado hasta el punto en que sea posible su manipulación para el transporte y continuar así con el fraguado que toma varios días. Una vez el lavadero adquiera la dureza necesaria, se pule para que la superficie tenga una mejor apariencia y se puedan apreciar los granos de mármol, y por último se colocan las rejillas, se empaca y se deja listo para ser distribuido a los clientes como MARVAL (obras en construcción), ferreterías como ALDIA y pueblos aledaños.

En la *Ilustración* 5 Proceso productivo se muestra lo anteriormente descrito.

Ilustración 4 Fundido

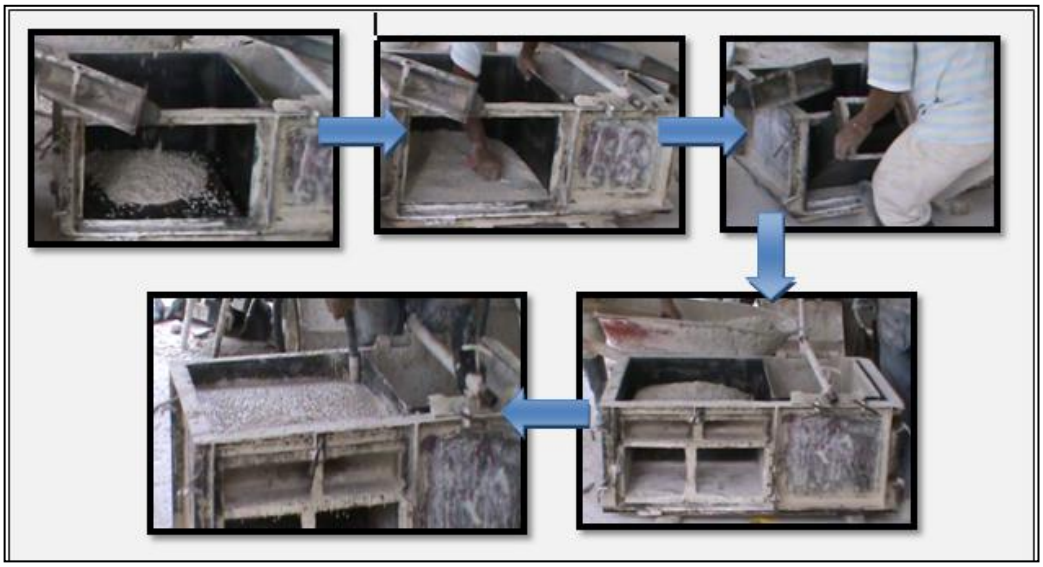
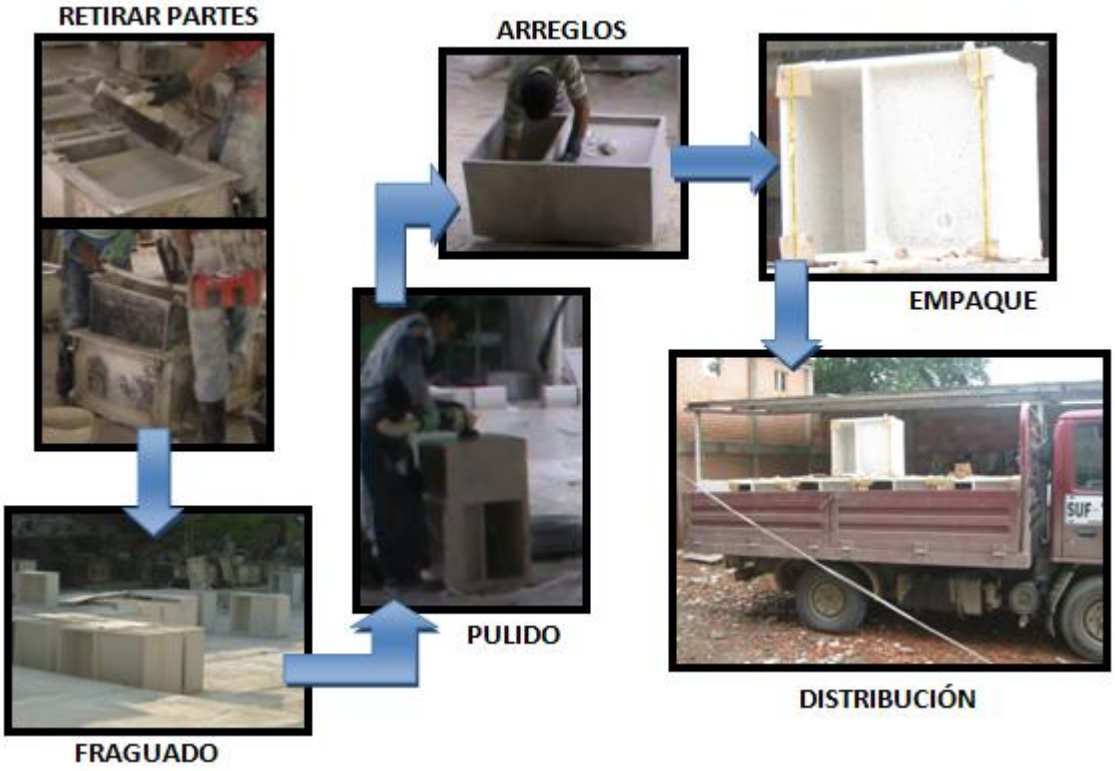


Ilustración 5 Proceso productivo



Todo el flujo dentro de la cadena de suministro se diagramo a través del VSM; como ya se mencionó antes es una herramienta del Lean Manufacturing.

4.2 VSM (Value Stream Mapping)

Es la representación visual de las actividades desarrolladas en la elaboración de un producto que permite analizar los flujos de materiales e información que se requieren para ponerlo a disposición del cliente.

Para la realización del VSM la metodología a seguir fue:

1. *Se identifica las necesidades de los clientes y determina la demanda a evaluar.*

Teniendo en cuenta que en Mármoles & Bloques no existe un sistema de información o en su defecto un control sobre los pedidos y despachos, se hace difícil poder cuantificar la demanda real (unidades vendidas, unidades no despachadas, unidades en retraso, etc.), sólo se cuenta con las facturas de pago que se diligencian al momento de entregar el lavadero(s) a su respectivo cliente; en base a esta información se hace un promedio de unidades vendidas al mes (*Tabla 2*).

Tabla 2 Unidades Vendidas al Mes

MES	LAV. 100 cm	LAV. 90 cm	LAV. 80 cm	LAV. 70 cm	LAV. 60 cm	TOTAL
11/11	162	47	99	58	140	506
12/11	134	79	106	50	213	582
01/12	180	116	111	73	83	563
02/12	182	80	103	60	96	521
					PROMEDIO	**543**

Cabe resaltar que las dimensiones de los lavaderos se despreció para efectos de este análisis, ya que no hay diferenciación entre ellos en el proceso productivo, es decir, todos los lavaderos pasan por las mismas operaciones o centros de trabajo, razón por la cual se promediaron los totales de las ventas al mes para obtener ***543 lavaderos al mes*** como demanda (necesidades del cliente).

2. *Se identifican las operaciones del proceso productivo, incluyendo entre ellas los puntos de inventario.*

Se observaron todas las acciones que sufre un lavadero en la planta para posteriormente clasificarlas en operaciones o centros de trabajo, obteniendo:

- ✓ Mezclado
- ✓ Moldeo
- ✓ Retiro del Molde
- ✓ Pulido
- ✓ Re-tapado
- ✓ Refinado
- ✓ Empaque

3. *Se identifican los proveedores y se determina el flujo de materiales.*

Se identificaron las materias primas requeridas para la elaboración de los lavaderos y su respectivo proveedor (*Tabla 3*).

Tabla 3 Proveedores

MATERIA PRIMA	PROVEEDOR	PEDIDOS	CANTIDADES
Marmolina Millo Granito	Mármoles & Bloques[6]	Diariamente	Lo que requiera la planta
Cemento	Depósitos SILVA	Cada 3 días	50 bultos
Arena	Ferretería La Argentina	Cada 15 días	560 bultos
Tubos Rejillas Zunchos Cartón	Surtiobras Servifamaq	Semanal	Varía en cada pedido.

4. *Se elaboran un análisis del flujo de información dentro de toda la cadena de suministro.*

Se especificó la manera en que se dan los pedidos tanto de los proveedores como de los clientes, ya fuese de forma manual (teléfono o personalmente) o por correo electrónico, y a su vez la manera en que se le da la información a la producción, que en Mármoles & Bloques, las órdenes de producción se dan por las ordenes de pedido; dado que se produce a medida que el cliente pide.

5. *Se realiza el diagrama que representa toda la información recopilada y representa la situación actual del sistema.*

Finalmente se elabora el diagrama del VSM de la situación actual utilizando la simbología y los parámetros exigidos por la técnica (*Anexo D*).

[6] Mármoles & Bloques cuenta con una trituradora y adquiere rajón de mármol para obtener el granito, millo y marmolina, pero esta actividad la hace por contrato y se hace una vez al mes, es decir no demanda carga alguna del proceso productivo.

6. *En las operaciones se establecen el tiempo de ciclo y en cada inventario su tiempo respectivo, para así poder determinar el lead time.*

Los tiempos de ciclo se obtuvieron del Yamazumi (técnica mencionada posteriormente) por medio de filmaciones, los cuales se determinaron por centro de trabajo y de los inventarios se obtiene el Lead time el cual dio como resultado ***6.08 días***, este tiempo es el que transcurre desde que se inicia el proceso de producción hasta que se completa, es decir, es el tiempo necesario para obtener una unidad de lavadero.

Luego de aplicar dicha técnica, esta permite cuantificar la cantidad de desperdicios (inventario) en el proceso de producción, del cual se puede apreciar que el mayor tiempo lo consume el inventario presente entre las operaciones de Retiro de Molde y Pulido, debido a que en esta instancia del proceso se le debe permitir al lavadero pasar por el proceso de fraguado que es el endurecimiento de la mezcla la cual contiene cemento; dicho tiempo es el que tiene la mayor proporción del Lead Time.

Los tiempos de ciclo para cada operación deben ser comparados con el Takt Time (ritmo de Producción), pero esto se evidenciará con mayor precisión en el Yamazumi, siendo así el tiempo de ciclo del pulido el más relevante para la compañía.

El flujo de información dentro de la empresa, y habiendo mencionado anteriormente la ausencia de información que permita cuantificarla, evidencia la falta de una planeación con sus clientes (despachos e incumplimiento en pedidos), con los proveedores evidenciado en la cantidad de bultos que poseen en inventario, que si bien el consumo se da de manera acelerada se han presentado problemas con los lavaderos por cambio de materia prima, y finalmente las

ordenes de producción que no pasan por un análisis o un orden sino directamente a la planta en el momento en el que se genera.

A continuación se realizara una descripción más detallada de cada proceso dentro de la cadena de suministro:

4.2.1 Demanda***.*** Como es dicho anteriormente, Mármoles & Bloques no cuenta con un proceso de previsión de ventas o pronóstico de demanda, debido a que no es relevante para decidir la programación de la producción y los niveles de inventario de materia prima, producto en proceso y producto terminado. La empresa produce las diferentes referencias en base a los insumos disponibles, generando diariamente lavaderos sin tener en cuenta las necesidades de sus clientes o analizando cuales productos son los que podrían tener mayores probabilidades de ventas.

4.2.2 Aprovisionamiento*.* Para el suministro de materia prima y/o producto para el ensamble dentro del proceso existen diferentes proveedores, dependiendo de las necesidades y las magnitudes demandadas de cada uno de los insumos, y los tiempos de respuesta que cada uno de ellos pueda ofrecer. En vista de esto, Mármoles & Bloques ha determinado la clasificación expresada en la *Tabla 4*

.

Tabla 4 Lista de proveedores

Marmolina	Mármoles & Bloques
Millo	
Granito	
Cemento	Depósitos SILVA
Arena	Ferretería La Argentina
PRODUCTO PARA ENSAMBLE	
Tubos	Surtiobras Servifamaq
Rejillas	
Zunchos	
Cartón	

Dichos proveedores hacen parte del proceso por recomendaciones presentadas al gerente de parte de individuos independientes a la compañía pero con conocimiento del mercado al cual pertenecen los materiales con que se trabaja, o por una evaluación de costos más bajo y tiempo de respuesta hecha por el mismo gerente.

Existen dos figuras de proveedores; una son los permanentes, donde Mármoles & Bloques tiene una compra constante y ya establecida con dichas compañías, y otra donde se realizan compras esporádicas, en ambos casos, se está sujeto a eventos de cambio de demanda o a la ausencia de material por parte de sus proveedores afectando directamente el proceso de producción.

La empresa adquiere los productos a crédito con algunos de sus proveedores estables, y realiza los pagos mensualmente. Con el resto de sus proveedores realiza los pagos de contado.

Las entregas son determinadas previamente con la secretaria encargada, para que la misma disponga del tiempo para hacer la debida revisión y recepción de los materiales, y así poder realizar la facturación. Cuando el proveedor no tiene vehículos disponibles para el transporte de los materiales a las instalaciones de Mármoles & Bloques, la empresa envía a dos empleados junto con su vehículo de transporte, si este se encuentra a disposición, o se contrata un vehículo de un tercero para realizar la operación, en busca de agilizar el aprovisionamiento de materiales (*Tabla 5*).

Para la recepción se dispone de dos entradas, una en la parte trasera del lote de la compañía, donde se da el espacio para el ingreso de vehículos de gran volumen, que son usualmente los que transportan las piedras de mármol, la arena y los bultos de cemento. Las piedras de mármol son desmontadas en un área continua a la máquina de triturado, dispuesta exclusivamente para esta función,

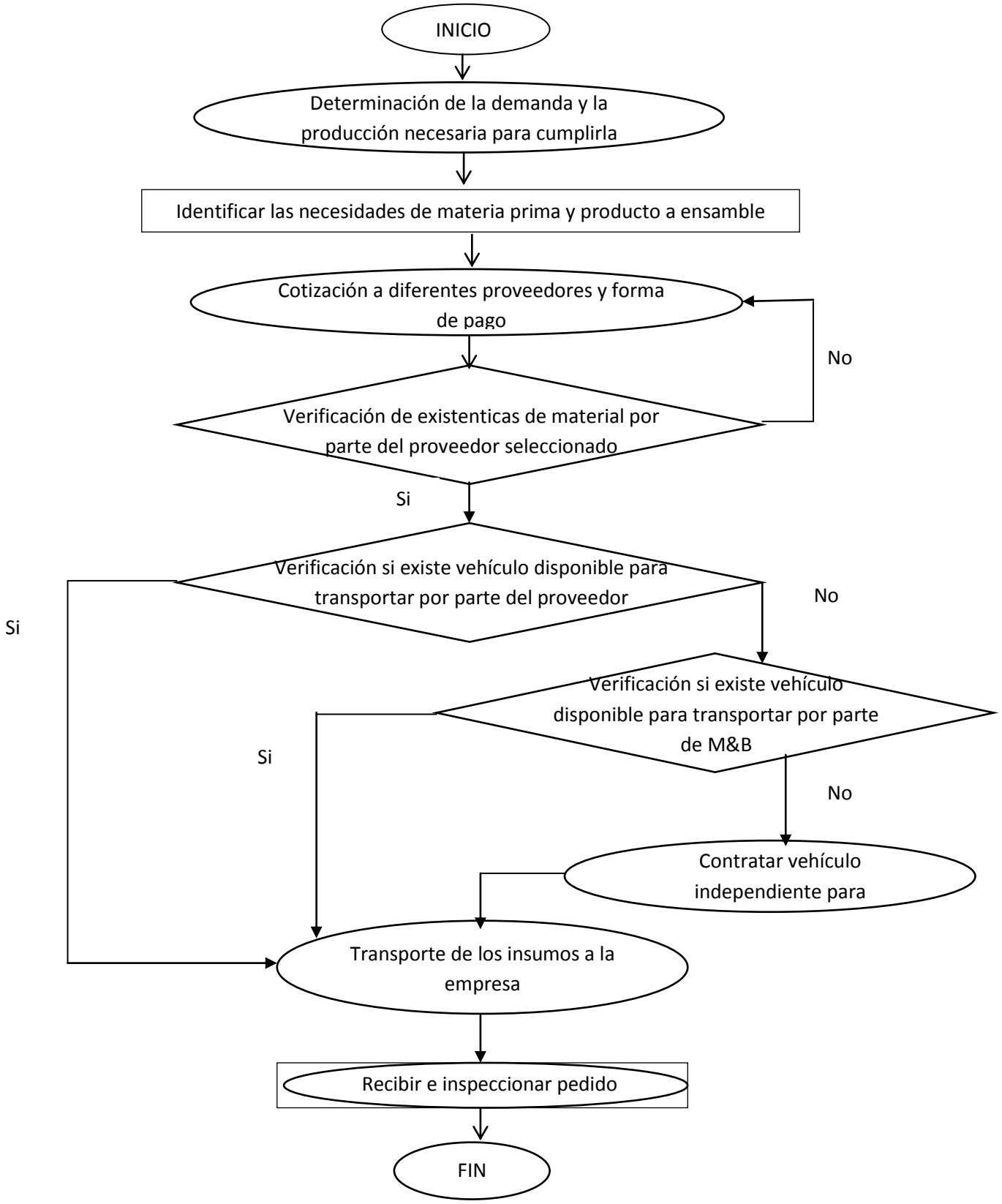
evitando una operación de almacenamiento y transportes posteriores dentro de la compañía. La segunda entrada es la entrada principal, por donde entran vehículos pequeños y medianos, donde se descargan volúmenes pequeños de cemento y arena, de los pedidos extracurriculares y también de los insumos como tubos y rejillas que no son cantidades mayores (*Figura 8*).

Tabla 5 Indicador de Aprovisionamiento

Indicador	Descripción	Formula	Valor
Nivel de cumplimiento de Proveedores	Consiste en calcular el nivel de efectividad en las entregas de mercancía de los proveedores en la bodega de producto terminado	Pedidos Recibidos a Tiempo x 100 / Total Pedidos Recibidos	17/20 = 85%

Los incumplimientos de los proveedores únicamente están relacionados a las empresas que suministran el cemento, ya que es un producto que tiene periodos cíclicos de alzas y bajas en la oferta, cuando este se encuentra en escases, es difícil de conseguir, así que la empresa por su necesidad constante del producto, debe dirigirse a las instalaciones de los proveedores locales para facilitar el suministro del producto.

Figura 8 Diagrama de aprovisionamiento



4.2.3 Almacenamiento. Para el almacenamiento se cuenta con diferentes áreas distribuidas en toda la zona de producción, debido a la naturaleza del proceso que requiere inventarios en proceso en varias operaciones. El transporte entre áreas de almacenamiento y los centros de trabajo se realiza a través de carretillas, con un total de cuatro que cuenta la empresa, y los productos en proceso son estibados para facilidad de su transporte en dichas carretillas, teniendo aproximadamente cien estibas para dichas labores. Los operarios encargados de estas labores son los mismos de producción. Todas las operaciones de registro de materiales se hacen manualmente (*Figura 9*).

Bodegas de materias primas: existen diferentes espacios en la empresa donde se almacenan las materias primas, y esta organización está determinada por políticas relacionadas a cada material:

- Las piedras de mármol no requieren mayor tipo de cuidado contra el medio ambiente, y debido a su peso y dificultan para transportar dentro de la compañía, se eligió un área continua a la máquina trituradora para facilitar el surtido de esta operación. Esta área no posee ninguna construcción que cubra los materiales ni delimitación, y el almacenamiento es en apilamiento.
- diferentes bultos de arena, mármol y demás componentes requeridos para realizar la mezcla se encuentran en la parte trasera del área de producción, quedando continuo al centro de trabajo de mezclado. Parte del área no cuenta con un techo para resguardar los materiales y tampoco está delimitada, el almacenaje es en apilamiento.
- El cemento se almacena, apilado dentro del área de las oficinas, más que para un cuidado climático, es para ejercer un mayor control sobre su uso por parte de los trabajadores, siendo la materia prima más costosa actualmente para la compañía, es primordial que se le dé un uso eficaz.
- Los componentes para ensamble como tubos, rejillas y zunchos, y elementos y herramientas para la producción como lijas y discos para los pulidores, se

almacenan también dentro de las oficinas, donde se adecuo unas estanterías para su ubicación.

Existen pocos recursos invertidos en cada uno de los inventarios, no superando ninguno el margen de 3 días, esto permite fluidez de capital, pero no permite dar respuesta inmediata a los pedidos de los clientes (*Tabla 6*).

Figura 9 Diagrama de Almacenamiento

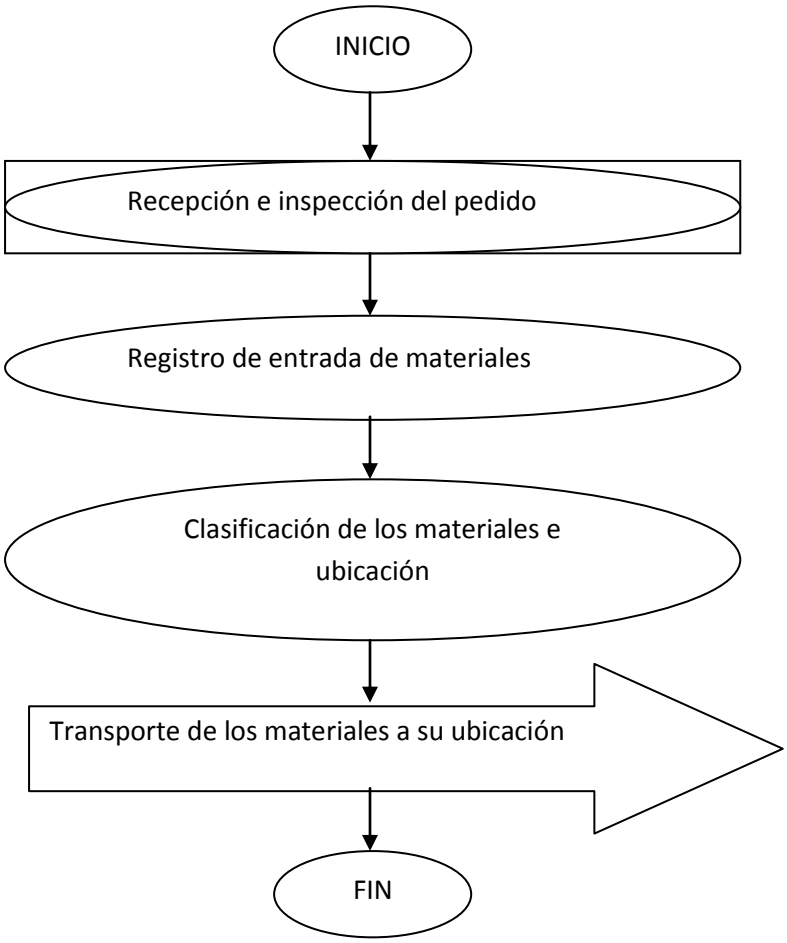


Tabla 6 Indicador de Almacenamiento

Indicador	Descripción		Formula	Valor
Índice de duración de Mercancías	Proporción entre el inventario final y las ventas promedio del último período.	Inventario Final x 30 días / Ventas Promedio	Moldeo-Desmolde	150/543=0,276 días
			Desmolde-Pulido	1500/543=2,762 días
			Pulido-Retapado	900/543=1,657 días
			Retapado-Afinado	900/543=1,657 días
			Producto Terminado	450/543=0,828 días

4.2.4 Producción*.* Para poder visualizar mejor y desarrollar un diagnóstico de la producción, se realizó un yamazumi y una guía de indagación.

4.2.4.1 Yamazumi*:* Es un gráfico de barras que muestra el balance de cargas de trabajo de cada operario y su comparación con el takt time; muestra también si las actividades que realiza el operario agregan valor, no agregan valor pero son necesarias (mediciones, verificaciones) o se consideran como desperdicio. Para la realización del Yamazumi la metodología a seguir fue:

1. *Identificar las operaciones del proceso productivo.*

Esta parte se realizó previamente en el VSM.

2. *Tomar una muestra de tiempos de cada operación o centro de trabajo.*

Se realizaron filmaciones durante varios días, sobre las acciones que ejecutaban los operarios siguiendo el ciclo de producción del lavadero (*Anexo E – Anexo K)*.

3. *Definir las actividades que se realizan en cada operación.*

Luego de tener las filmaciones se prosiguió a observar y a determinar las actividades que se ejecutan en cada actividad.

4. *Llenar la hoja de toma de tiempos de las actividades de trabajo.*

De la filmación se determina si la actividad es manual, la realiza una máquina o es un movimiento, luego se calcula cuanto demora un operario realizando dicha actividad, y se saca un promedio de las diversas tomas que se le realizó a cada una, para, finalmente agrupar las actividades repetitivas durante la operación (*Tabla 7- Tabla 13*).

Tabla 7 Toma de Tiempos de Mezclado

Actividad	**Tiempo (segundos)**			
	Manual	**Movimiento**	**Maquina**	**Tprom**
Cargar agua	x			20,5
Despl. MP		x		233
Carga MP	x			91,5
Encender maq	x			19
ciclo de maquina			x	226
Carga y revi	x			40
Manip y Revi	x			95
Despl carro		x		22,5
Vierte mezcla	x			20
			Total	767,5

Tabla 8 Toma de Tiempos de Moldeo

Actividad	Tiempo (segundos)			
	Manual	Movimiento	Máquina	Tprom
Despl.		x		29,5
Vierte mezcla	x			35
Arreglo mezcla	x			203
Arregla molde	x			22,5
Vierte molde	x			51,5
Traer vibra		x		27
Vibrado	x			25,5
Poner tapa	x			74
			Total	**468**

Tabla 9 Toma de Tiempos de Retiro de Molde

Actividad	Tiempo (segundos)			
	Manual	Movimiento	Máquina	Tprom
Retiro exc	x			170,0
Retiro tapa peq	x			19,3
Arreglo refregadero	x			132,3
Retiro tapa grande	x			31,3
Arreglo fino	x			98,0
Desajustar pieza lateral	x			22,7
Retiro pieza lateral y limpieza	x			34,0
Retirar pieza refregadero interno	x			10,0
Soltar tuercas	x			26,0
Retirar jabonera	x			27,0
Retirar molde	x			45,0
			Total	**615,7**

Tabla 10 Toma de Tiempos de Pulido

Actividad	Tiempo (segundos)			
	Manual	Movimiento	Máquina	Tprom
Buscar carro		x		18
Buscar lav.		x		34
Preparar transp.	x			125
Trans lav		x		92
Prep herramienta	x			106
Pulido	x			914
Revisión	x			19
Reacomodado		x		124
Control y lavado	x			119
			Total	**1551**

Tabla 11 Toma de Tiempos de Re-tapado

Actividad	Tiempo (segundos)			
	Manual	Movimiento	Máquina	Tprom
Buscar lav		x		7
Trans lav		x		30
Ubicar carro		x		20
Prep mezcla	x			110
Retapado	x			986
Reacomodar		x		19
Ponercorcho	x			90
			Total	**1262**

Tabla 12 Toma de Tiempos de Refinado

Actividad	Tiempo (segundos)			
	Manual	Movimiento	Máquina	Tprom
Trans lav		x		59,5
Prep herramienta	x			26,5
Pulido	x			611,5
Reacomodar		x		60,5
Buscar carro		x		15
Desmonta herramienta	x			17
Revisión y esquinas	x			103
			Total	**893**

Tabla 13 Toma de Tiempos de Empaque

Actividad	Tiempo (segundos)			
	Manual	Movimiento	Máquina	Tprom
Buscar Material herramienta		x		117,5
Preparar mezcla	x			87
Adecuación	x			95,5
Aplicar mezcla	x			79,5
Insertar chupo	x			119
Insertar tubo	x			27
Arreglo orillos	x			229
Lijado	x			203
Colocar zuncho	x			86
Colocar cartón	x			115,5
Lavado	x			69
			Total	**1228**

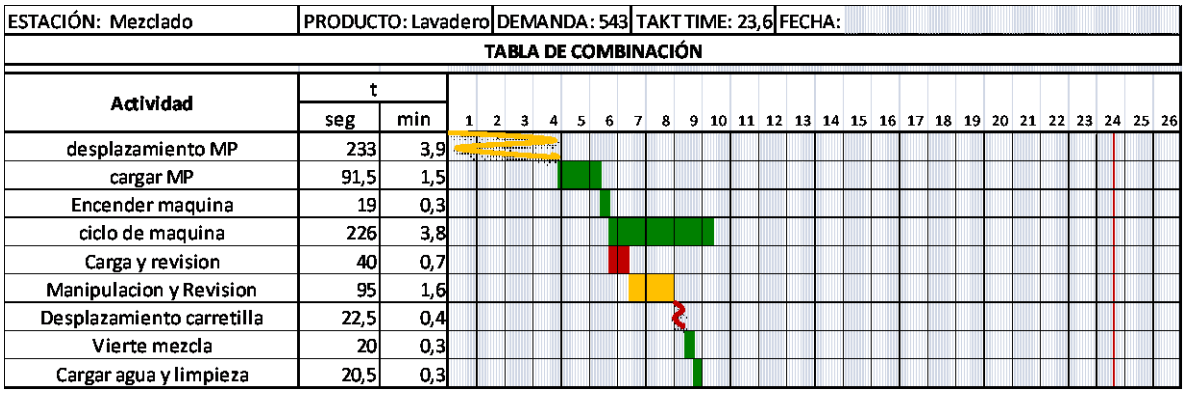
5. *Clasificar la actividad en:*

- Agrega Valor (color verde).
- No agrega Valor pero es necesaria/Mediciones y verificaciones (color amarillo).
- No agrega Valor/Desperdicios (color Rojo).

6. *Realizar la tabla de combinación.*

Se ubican los tiempos en barras (con su respectivo color), siguiendo el ciclo y marcando el takt time en cada una de las operaciones (estación o centro de trabajo) (*Figura 10*).

Figura 10 Tabla de Combinación Mezclado



ESTACIÓN: Mezclado	PRODUCTO: Lavadero	DEMANDA: 543	TAKT TIME: 23,6	FECHA:

TABLA DE COMBINACIÓN

Actividad	t seg	t min
desplazamiento MP	233	3,9
cargar MP	91,5	1,5
Encender maquina	19	0,3
ciclo de maquina	226	3,8
Carga y revision	40	0,7
Manipulacion y Revision	95	1,6
Desplazamiento carretilla	22,5	0,4
Vierte mezcla	20	0,3
Cargar agua y limpieza	20,5	0,3

Figura 11 Tabla de Combinación Moldeo

ESTACIÓN: Moldeo	PRODUCTO: Lavadero	DEMANDA: 543	TAKT TIME: 23,6	FECHA:

TABLA DE COMBINACIÓN

Actividad	t seg	t min
Arreglo mezcla	203	3,4
Preparacion del molde	22,5	0,4
vierte mezcla	51,5	0,9
traer vibrador	27	0,5
vibrado	25,5	0,4
montar matrices restantes	74	1,2
Desplazamiento	29,5	0,5
vierte mezcla sobre base del molde	35	0,6

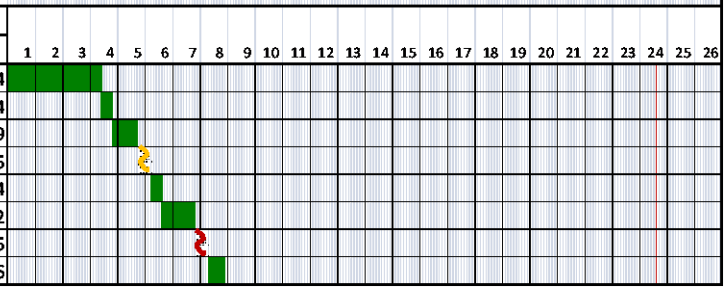


Figura 12 Tabla de Combinación Retiro de Molde

ESTACIÓN: Retiro del Molde	PRODUCTO: Lavadero	DEMANDA: 543	TAKT TIME: 23,6	FECHA:

TABLA DE COMBINACIÓN

Actividad	t seg	t min
retiro exceso de mezcla	170,0	2,8
retiro matriz superior de refregadero	19,3	0,3
arreglo refregadero	132,3	2,2
retiro matriz de fregadero	31,3	0,5
arreglo fino	98,0	1,6
desajustar pieza lateral	22,7	0,4
retiro pieza lateral y limpieza	34,0	0,6
retirar pieza refregadero interno	10,0	0,2
soltar tuercas	26,0	0,4
retirar jabonera	27,0	0,5
retirar molde restante	45,0	0,8

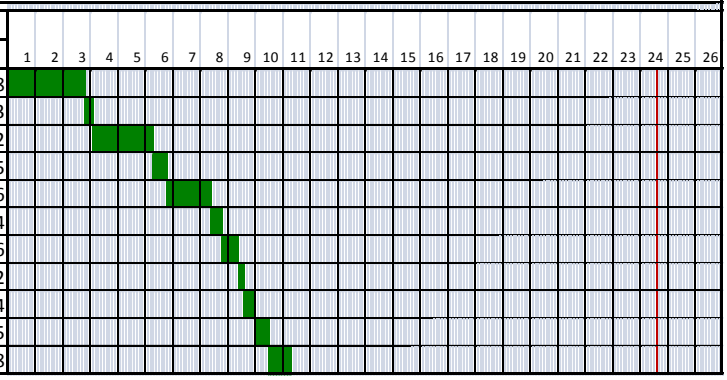


Figura 13 Tabla de Combinación Pulido

ESTACIÓN: Pulido	PRODUCTO: Lavadero	DEMANDA: 543	TAKT TIME: 23,6	FECHA:

TABLA DE COMBINACIÓN

Actividad	t seg	t min
pulido	914	15,2
revision	19	0,3
reacomodado	124	2,1
control y lavado	119	2,0
buscar carretilla	18	0,3
buscar lavadero	34	0,6
preparar transporte	125	2,1
transportar lavadero	92	1,5
preparar herramienta	106	1,8

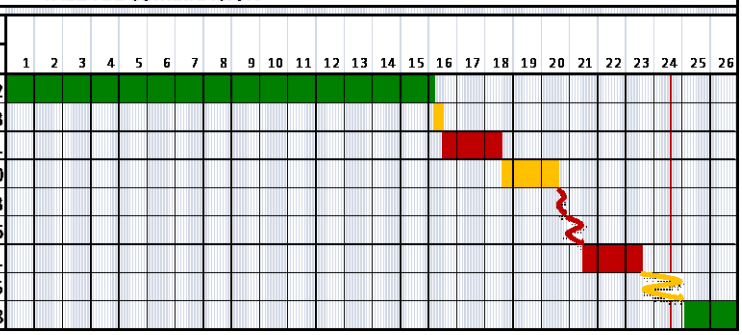


Figura 14 Tabla de Combinación Retapado

ESTACIÓN: Retapado	PRODUCTO: Lavadero	DEMANDA: 543	TAKT TIME: 23,6	FECHA:

TABLA DE COMBINACIÓN

Actividad	t seg	t min
retapado	986	16,4
reacomodar*	19	0,3
insertar rejilla	90	1,5
buscar lavadero	7	0,1
transportar lavadero	30	0,5
ubicar carretilla	20	0,3
preparar mezcla	110	1,8

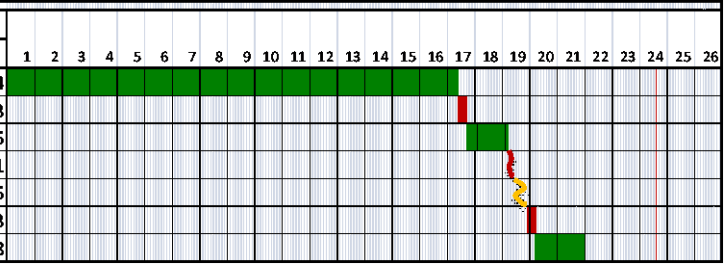


Figura 125 Tabla de Combinación Reafinado

ESTACIÓN: Refinado	PRODUCTO: Lavadero	DEMANDA: 543	TAKT TIME: 23,6	FECHA:

TABLA DE COMBINACIÓN

Actividad	t seg	t min
pulido	611,5	10,2
reacomodar	60,5	1,0
buscar carretilla	15	0,3
Cambio de disco	17	0,3
revision y arreglo de esquinas	103	1,7
transportar lavadero	59,5	1,0
preparacion de herramienta	26,5	0,4

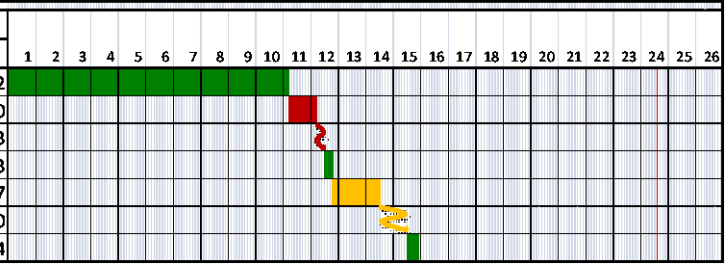
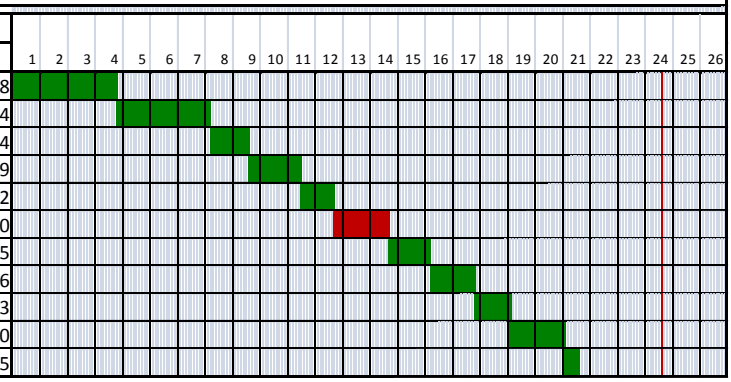


Figura 136 Tabla de Combinación Empaque

ESTACIÓN: Empaque	PRODUCTO: Lavadero	DEMANDA: 543	TAKT TIME: 23,6	FECHA:

TABLA DE COMBINACIÓN

Actividad	t seg	t min
arreglo orillos*	229	3,8
lijado	203	3,4
colocar cuerda	86	1,4
colocar carton	115,5	1,9
lavado	69	1,2
Buscar Material o herramienta	117,5	2,0
preparar mezcla	87	1,5
adecuacion de orificios	95,5	1,6
aplicar mezcla	79,5	1,3
Insertar rejilla	119	2,0
Insertar tubo	27	0,5



7. *Llenar las barras del Yamazumi (Apilar).*

En esta instancia se apila de manera vertical las cargas del operario en cada operación, siendo esta una representación gráfica más clara de lo que se realiza en Mármoles & Bloques.

Retomando el cálculo de las necesidades del cliente en el primer paso del VSM, se calculó el Takt Time (ritmo de producción) en base al tiempo disponible de mano de obra en Mármoles & Bloques y las ventas promedio del mes; consecuentes con esto tenemos que en la empresa la jornada de trabajo es de 7 am a 5 pm teniendo una hora para almorzar de lunes a viernes y los sábados de 8 am a 12 pm, con esto se calculó el tiempo disponible:

$$\boldsymbol{TiempoDisponible = 9horas * 22dias + 4horas * 4dias}$$
$$\boldsymbol{TiempoDisponible = 214horasalmes = 12840min}$$

Recordando las ventas promedio al mes de 543 unidades obtenemos el takt time:

$$\boldsymbol{TaktTime = \frac{TiempoDisponible}{Unidadesvendidas}}$$

$$\boldsymbol{TaktTime = \frac{12840min}{543unid} = 23.6\,^{min}\ unid}$$

Este tiempo está marcado con una línea de color rojo sobre la tabla de apilamiento (Yamazumi) para una mejor comprensión de las cargas.

Una vez definido el takt time y graficado como se observa en el *Anexo E*, se evidencianlas falencias presentes en la compañía, atrayendo mayor atención la columna de Pulido la cual sobrepasa la línea del takt time que no es más que la comparación de su tiempo ciclo y el ritmo de producción; esto conlleva a deducir

que la empresa altera su rutina de producción, probablemente realizando turnos extras de trabajo o presiona al centro de trabajo obligando a cambiar el método de la operación poniendo en riesgo la calidad del producto, también se puede deducir que la capacidad de dicho centro de trabajo no es suficiente y necesite incluir más empleados o ampliar la capacidad instalada para dicho proceso.

En este centro de trabajo, mediante las frecuentes visitas a la planta y como se puede apreciar en la barra de pulido del Yamazumi existen gran cantidad de tiempos rojos (desperdicios) siendo la mayor parte de ellos reacomodos del lavadero durante la operación, esto pone en evidencia la baja efectividad del método de trabajo.

En general la mayoría de las operaciones son manuales o de transporte, únicamente en el mezclado se encuentra un tiempo por la duración del ciclo de la mezcladora, de esta manera las actividades son susceptibles a investigar y mejorar para reducir su tiempo; siendo esto el caso de los tiempos verdes y amarillos; los tiempo rojos se deberían eliminar ya que son desperdicios y en su mayoría se deben a movimientos innecesarios por búsqueda de materiales que no están presentes en los centro de trabajo o herramientas a utilizar en la operación o para el transporte de los lavaderos; criterio que evidencia un déficit en la distribución de los centros de trabajo en la planta.

Entrando a observar las actividades, existen acciones que se repiten durante varias operaciones como es el caso del arreglo de esquinas que se da en el re-tapado, en el refinado y en el empaque, considerando estas como re-procesos los cuales significan desperdicios, y a su vez consumen tiempo considerable al operario en las diferentes operaciones. Siendo consecuentes con dicho diagnostico se procedió al área de moldeo y se observó que existen falencias en el método utilizado para moldear y también problemas con las matrices del molde las

cuales por su diseño no define de la mejor manera las dimensiones del lavadero perjudicando los orillos.

4.2.4.2 Guía de conversación y conocimiento: Junto a estas técnicas, se realizó una guía de preguntas presentada en el manual de distribución de plantas[7], con el objetivo de generar ideas respaldadas por criterios que dicho manual maneja y así definir una nueva distribución de infraestructura física o un rediseño del proceso (*Anexo F*).

Para la guía de preguntas, dentro de un periodo de la jornada laboral de la compañía, se le realizó la entrevista al gerente de la compañía, soportando sus respuestas junto a opiniones dadas por algunos trabajadores de la empresa presentes en dicha reunión. Estos fueron las respuestas:

Total de preguntas: 57
Total de respuestas Si: 33 Porcentaje: 58%
Total respuestas No: 24 Porcentaje: 42%

Este cuestionario da una conclusión a partir de los siguientes parámetros:
Si 1/3 del total son Si → las respuestas positivas tienen posibilidades de mejora
Si 2/3 del total son Si → Se debe considerar realizar una redistribución de planta
En conclusión, el 58% de las respuestas es si, lo cual indica que es necesario realizar propuestas de mejoramiento en los grupos de preguntas con mayor cantidad de respuestas afirmativas, los cuales son materiales, maquinaria, mano de obra, movimiento de materiales, espera y almacenamiento.

4.2.4.3 Distribución de Planta: Por último se hizo un plano con la distribución de planta actual para cuantificar el recorrido en metros del flujo del proceso del lavadero (*Ilustración 6*).

[7] Centros Europeos de Empresas Innovadoras de la Comunidad de Valencia. Edición 2008

Es aquí donde se evidencia que en las instalaciones de producción de Mármoles & Bloques no existe limitaciones de pasillos, ni de centros de trabajo y tampoco de inventarios; entonces una vez se definieron las operaciones o centros de trabajo se trató de delimitar los centros de trabajo tomando medidas en la planta y así plasmar en el plano la distribución y hallar un recorrido.

Para calcular el recorrido en metros y por ausencia de las delimitaciones de centros de trabajo y pasillos, se calculó el centroide a cada área que asignamos para cada operación y así mostrar el recorrido.

Ilustración 6 Plano Distribución de Planta

En la *Tabla 14* se muestra la distancia que recorre entre las operaciones respectivas para obtener un total de *88,783 metros,* que significa la distancia que recorre el lavadero durante el flujo de del proceso productivo en Mármoles & Bloques. También es importante conocer el valor de capacidad instalada de la empresa en relación a su capacidad total, cuantificándolo se conocerá que tanta área está destinando la compañía a la producción de lavaderos (*Tabla 15*).

Tabla 14 Distancias recorridas en el proceso productivo

OPERACIÓN	DISTANCIA (METROS)
1 a 2	10,134
2 a 3	13,987
3 a 4	17,605
4 a 5	14,726
5 a 6	14,726
6 a 7	17,605
TOTAL	**88,783**

Tabla 15 Capacidad instalada

	Área m^2
Capacidad Total	**1110.2**
Fraguado y empaque	344.65
Moldeo e inventarios	271.88
Mezclado	36.4
Pulido	46.97
Varios (tapas)	78.63
Lavaderos enchapados	96
Capacidad instalada	**865.71**

4.2.5 Distribución. Mármoles & Bloques cuenta para la distribución directa a clientes finales o empresas minoristas con un vehículo propio para las actividades de transporte, Turbo NHR CHEVROLET modelo 2010 la cual tiene un capacidad

de 17 lavaderos de las referencias pequeñas (lavaderos de 60 y 70) y de 15 lavaderos de las referencias grandes (lavaderos de 80,90 y 100), y también puede dar soporte al momento de abastecimiento si se presentan dificultades por parte del proveedor. Si el vehículo no es suficiente para realizar la entrega de los productos, los clientes realizan una contratación con un particular, asumiendo los costos de transporte.

La cobertura de la empresa es en la zona metropolitana de Bucaramanga y aledañas, como lo son Girón, Floridablanca, Piedecuesta y Lebrija, y otras transregional, llegando así hasta:

- Barrancabermeja
- Pamplona
- San Gil

Existen clientes localizados fuera de las zonas ya mencionadas los cuales son los que asumen los costos de transporte, zonas como:

- Ocaña
- Aguachica
- Saravena
- Tame
- Sabana de Torres
- San Vicente de chucuri
- Charalá
- San Pablo
- Zapatoca
- Cimitarra

Esta variable también afecta la decisión de si la empresa realiza la operación con el vehículo que poseen o contratan con alguien externo. El personal encargado de esta operación son los mismos que realizan la operación de embalaje, al igual que el conductor del vehículo es uno de los operarios o el gerente en caso de falta de personal.

La empresa también distribuye sus productos a través de ferreterías y constructoras, más aun su relación no es de empresa productora y distribuidora, así que por lo tanto, no es de interés el método de trabajo de dichas empresas para el proyecto (*Figura 14*).

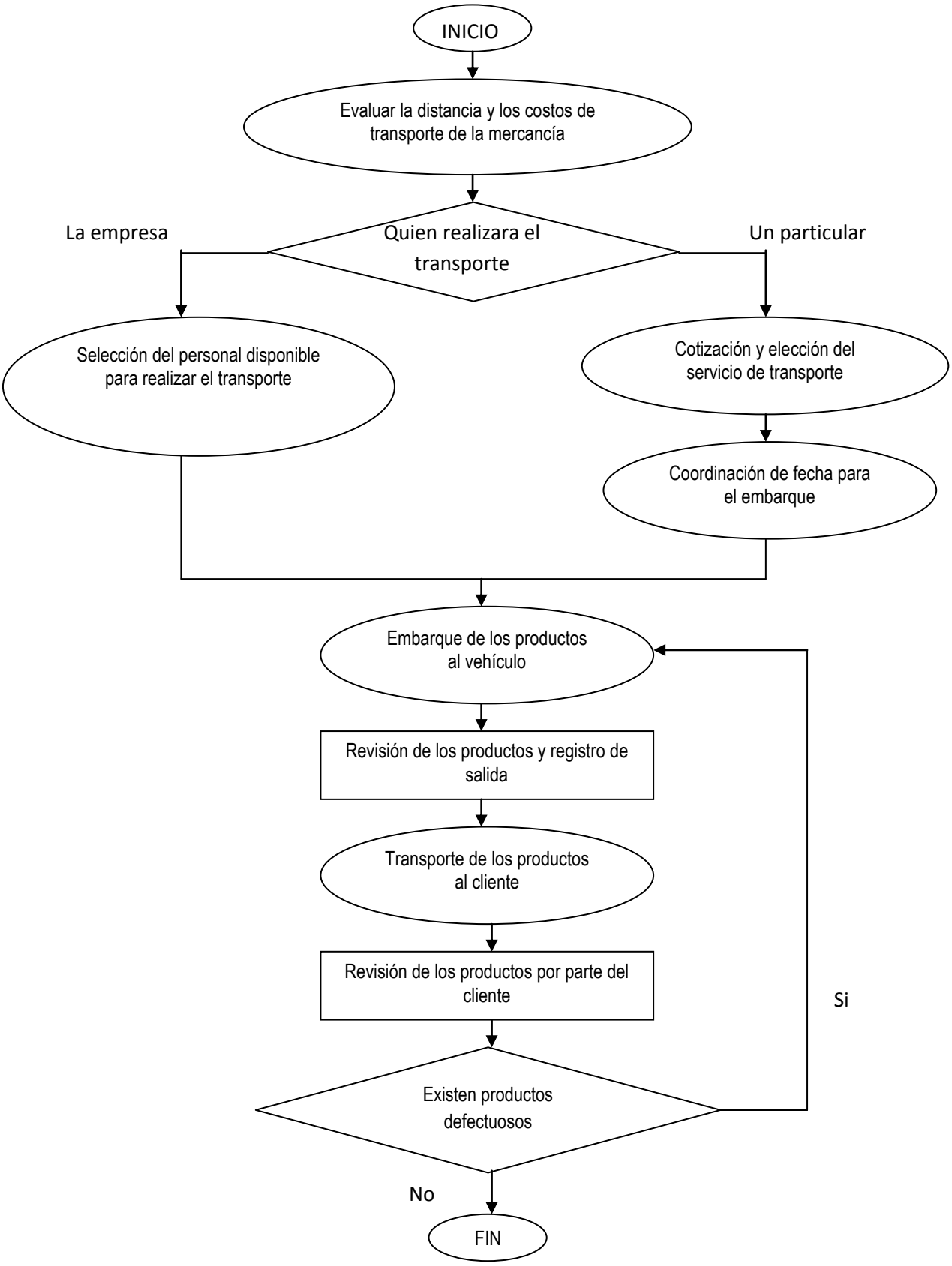
Al observar las diferentes operaciones logísticas, se evidencia que la falta de control y planificación presenta retrasos en recepciones o distribución de los productos. A su vez se reitera la ausencia de límites en los espacios destinados para almacenamiento y los pasillos utilizados para el transporte de productos.

Cuando se presentan entregas incompletas a causa de daño del lavadero durante el transporte, es un porcentaje menor, y en su totalidad se presenta cuando la empresa realiza dicha operación con un conductor externo (*Tabla 16*).

Tabla 16 Indicador Distribución

Indicador	Descripción	Formula	Valor
Nivel de cumplimiento de pedidos completos	Consiste en calcular el porcentaje de pedidos sin daños o incompletos al cliente	$\frac{\text{Total de pedidos entregados completos} \times 100}{\text{Total de pedidos despachados}}$	19/20 = 95%

Figura 14 Diagrama Flujo de Distribución



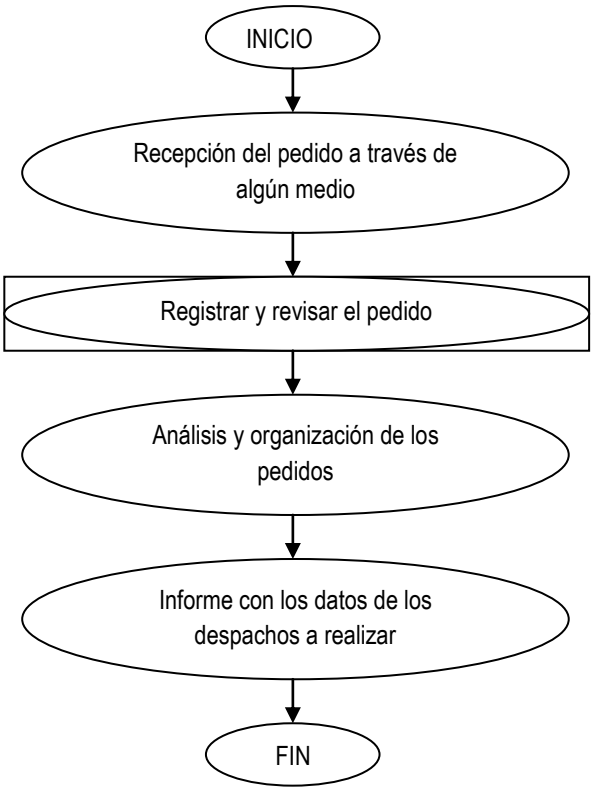
4.2.6 Clientes. Se poseen diferentes canales para que un cliente pueda realizar un pedido a Mármoles & Bloques, el más frecuente es el medio telefónico, el cual atiende la secretaria de gerencia y es ella la que toma las especificaciones de cantidad y referencias que demanda el solicitante. Existe la posibilidad de recibir pedidos vía fax, y por ultimo por correo electrónico, el cual se revisa con frecuencia durante el transcurso del día. La atención directa al cliente, aunque no se está restringida, es muy escasa que se presente de esta manera, debido a que la ubicación de la empresa es en una zona apartada del comercio del municipio de girón.

Todos los pedidos hechos son digitalizados para realizar un registro y control de los mismos. La gerencia analiza información para determinar cuáles pedidos tienen prioridad de ser atendidos, bajo el orden de prioridad de:

a. Pago de contado
b. Urgencia del pedido
c. Antigüedad del cliente
d. Cantidad de pedido

Debido a la liquidez de la empresa, la prioridad de un cliente está en función de su forma de pago. Eso se realiza para determinar qué producción debe realizarse en el siguiente lote o el destino de los productos finales en inventario (*Figura 15*).

Figura 15 Diagrama de Recepción de pedidos



En dado caso no se entregue un pedido correctamente, el cliente se comunica con la empresa por alguno de los medios ya mencionados informando la inconformidad de la entrega, y dependiendo de si la falla se encuentra por pedido incompleto o que la entrega de las referencias no es la adecuada, se procede a realizar la entrega de los faltantes por parte de Mármoles & Bloques, asumiendo los gastos relacionados con transportes y personal que se requiere para dicha labor.

La empresa no realiza mayor procedimiento de retroalimentación sobre percepción del cliente sobre el producto, en gran parte a que la calidad del producto está relacionada principalmente a la resistencia que posee el lavadero, es decir, que no posea rupturas o quiebres al momento de entrega, y que el lavadero cumpla con las dimensiones necesarias del tamaño del mismo, el diámetro del tubo que suministra el agua y también el tamaño de la rejilla, donde

los 2 últimos valores son estándar. En términos de estética, la valoración se da en relación a que no exista porosidad en la superficie del lavadero y que los granos sea visibles, ya que estos determinan el color que posee el producto (*Tabla 17*).

Tabla 17 Indicador Clientes

Indicador	Descripción	Formula	Valor
Nivel de cumplimiento entregas a clientes	Consiste en calcular el porcentaje real de las entregas oportunas y efectivas a los clientes	$\frac{\text{Total de Pedidos Entregados a Tiempo x 100}}{\text{Total de Pedidos}}$	3/20 = 15%

Este indicador se refleja la problemática central a tratar, que es el incumplimiento de los pedidos a los clientes, ya que se encuentra en un margen del 85%, siendo los únicos pedidos que se entregan la fecha pactada los de contado, siendo prioridad para la cartera de la empresa, y la razón de este valor tan alto es la incapacidad de la empresa para lograr la producción a tiempo.

5. PROPUESTAS DE MEJORA A LA CADENA DE SUMINISTRO

5.1 REDISEÑO DE MOLDES

5.1.1 Problemática a solucionar. Existe una falencia clara en la operación de moldeo, que perjudica el proceso casi en su totalidad debido a que es una de las primeras actividades a realizar para la elaboración de un lavadero. Esta dificultad genera re-procesos en las operaciones continuas.

5.1.2 Justificación. A través del diagnóstico y las observaciones realizadas durante las jornadas de producción, los re-procesos presentados en las operaciones de pulido y demás tienen como origen el moldeo del lavadero; las matrices utilizadas en esta operación presentan des ajustes debido a su uso y al método utilizado al momento de fundir el lavadero, generando grietas y desniveles en las paredes y orillos del lavadero.

Realizando un rediseño de los moldes se busca brindar mayor resistencia y consistencia a los lavaderos eliminando operaciones consideradas como desperdicio, además de ofrecer un producto más estético y que cumple con los requerimientos de los clientes.

5.1.3 Actividades realizadas

- Yamazumi: Es la base con la cual se realizó el estudio de tiempo desarrollado en el capítulo 4.
- VSM: A través de las observaciones hechas del flujo del producto se identifican las problemáticas de la operación en el capítulo 4.
- Elaboración del nuevo diseño de las matrices de los moldes: a través del programa Google Sketchup se realiza una propuesta de rediseño basado en

las ideas y opiniones hechas por los operarios y la gerencia, quien acompaño este proceso de elaboración.

Las prioridades establecidas para realizar el rediseño fueron:

- ✓ Dar mayor resistencia a los orillos.
- ✓ Eliminar el arreglo de orillos en cada una de las áreas de trabajo y así reducir el tiempo de operación.
- ✓ Evitar el desperdicio de mezcla debido a las fugas de los moldes.
- ✓ Facilitar el armado y des armado de los moldes y el mismo fundido, los cuales favorecen el tiempo de operación.
- ✓ Incorporar en el portafolio de productos lavaderos con perfil, ya que la empresa no podía satisfacer a los clientes que lo solicitaban y por ende los adquirían en la competencia

5.2 ANÁLISIS DE MÉTODO Y CAPACIDAD DE LA OPERACIÓN DE PULIDO

5.2.1 Problemática a solucionar. Es la operación cuello de botella dentro del proceso productivo de Mármoles y Bloques, centro de trabajo en el que se ejerce mayor presión al momento de cumplir con los clientes, además de ser el más susceptible a factores externos como por ejemplo vida útil de la maquinaria, ausencia de energía eléctrica o de agua, etc.

5.2.2 Justificación. Como se observó en el yamazumi realizado, esta operación no cumple con el takt time de la compañía, ya que su capacidad no posee el nivel suficiente para cumplir con los objetivos de producción. Los movimientos repetitivos de transporte del producto dentro del centro de trabajo son la prioridad a afrontar, ya que son asumidos como desperdicio. El método con que se realiza la operación no es ergonómico y no facilita las actividades del operario.

Analizando el flujo de las operaciones se plantea un cambio de la secuencia de actividades en este centro de trabajo y para la ergonomía se diseña una herramienta de manejo de material que facilite los movimientos y proporcione la comodidad necesaria al operario; todo en búsqueda de generar eficiencia en la operación. Las dificultades presentes en el pulido son a su vez consecuencia de diferentes problemas en otros temas que son tratados en este documento.

5.2.3 Actividades realizadas

- Yamazumi: Análisis de capacidad y estudio de tiempos desarrollado en el capítulo 4.
- VSM: A través de las observaciones hechas del flujo del producto se identifican las problemáticas de la operación en el capítulo 4.
- Diseño de herramienta que facilite el manejo del lavadero durante la operación y mejore la ergonomía de dichas actividades, atreves del programa Google Sketchup.
- De acuerdo a la individualidad del centro de trabajo se secuenciaron las actividades de tal manera que el proceso se dé con un enfoque en serie; es decir se pasó de que cada operario puliera un lavadero a asignar actividades a cada operario para pulir el mismo lavadero.

Las prioridades establecidas para realizar el cambio del flujo de material y de diseñar una herramienta fueron:

- ✓ Eliminar actividades repetidas como cambios de discos y transportes, y
- ✓ Mejorar la ergonomía y manejabilidad del lavadero dentro del centro de trabajo, respectivamente.

5.3 DEFINICIÓN DE CANTIDADES DE MATERIALES EN MEZCLA Y TIEMPO DE FRAGUADO

5.3.1 Problemática. El tiempo de fraguado impide un flujo continuo al proceso, dificultando a la empresa desarrollar una mejor política de servicio al cliente. A su vez, de él depende gran parte del desempeño de la operación de pulido.

5.3.2 Justificación. Al observar los resultados de lead time dentro del VSM, se concluye que para la compañía es difícil mantener un buen nivel de servicio con un alto tiempo de inventario de producto en proceso, más cuando el mismo fluctúa a factores internos (producción) y externos (clima), y más aún, cuando este periodo es vital para otorgar características muy específicas al producto. Debido a esto, se vio la necesidad de realizar un diseño de experimentos con el enfoque de la mejor conjetura que defina los porcentajes de participación de cada materia prima dentro de la mezcla de concreto para minimizar el tiempo de fraguado y evitar daños del producto en las operaciones siguientes a este periodo de inventario.

5.3.3 Actividades realizas

- VSM: lead time y análisis del flujo de materiales extraído de este diagrama en el capítulo 4.
- Evaluación actual de mezcla: a través de datos históricos, se definió el promedio de participación de cada materia prima dentro de la mezcla de concreto.
- Investigación y definición de parámetros: A través de un proceso de investigación sobre las propiedades y cualidades del concreto, se definieron los parámetros a tener en cuento dentro del diseño de experimentos.
- Diseño de experimentos: con las variables definidas, se desarrollaron un número de propuestas para realizar diseño experimentos con el enfoque de la

mejor conjetura, que nos permitiera observar el comportamiento de cada propuesta durante el proceso, concluyendo la más favorable en las condiciones establecidas.

Cabe resaltar ciertos parámetros que se tuvieron en cuenta en esta propuesta de mejoramiento:

- ✓ El método de evaluación que se utilizó en las muestras es una valoración subjetiva por parte de los operarios de la compañía. Se optó por este criterio en vista que no se podía definir ninguna característica o propiedad que midiera el desempeño de las diferentes propuestas de mezcla en la operación de pulido, por consiguiente, el mejor método para medir dicha evaluación es la percepción que tengan los trabajadores al momento de realizar la operación de pulido.
- ✓ Indiferente de los cambios de porcentajes de cada materia prima en la mezcla, es importante mantener un costo de inversión equivalente o menor al actual para realizar el producto.
- ✓ Disminuir el tiempo de fraguado es vital para que los cambios en la mezcla impacten de manera significativa el flujo de producto dentro del proceso.

Por las razones mencionadas anteriormente, la solución que se concluyó a través de este proceso de investigación e implementación será la más competente al mantener presente estos directrices.

5.4 PLANEACIÓN DE ACTIVIDADES

5.4.1 Problemática. Mármoles & Bloques no cuenta con una planeación debida de sus procesos ni un control de los mismo, dificultando medir el desempeño tanto de la planta como de su servicio al cliente. A su vez, no se cuenta con información oportuna para la toma de decisiones.

5.4.2 Justificación. Debido a que no existe un procedimiento establecido por la compañía para elaborar todos los procesos dentro de la empresa, no se pudo realizar un seguimiento adecuado al producto ni ejercer control sobre la gestión en la compañía. Como es evidente en el VSM, el flujo de información no es claro y tampoco se cuentan con formatos o bases de datos. Por lo tanto, se diseñó bajo formato Excel un ejecutor que permita visualizar los niveles de inventario, elaborar la explosión de materiales del pedido y cuantificar un tiempo aproximado de producción de los pedidos de clientes. Esto permitirá dar a la organización información útil para su toma de decisiones y tener mayor conocimiento de su propio estado continuamente. Junto a esto se gestionara una política de construcción de base de datos.

5.4.3 Actividades realizadas

- Descripción de los procesos: definición y diagnóstico de los procedimientos de la compañía a través de la cadena de suministro, evaluado a través de indicadores, desarrollado en el capítulo 4.
- Seguimiento del producto para su venta: realizar una descripción y entendimiento del procedimiento debido para la entrega de un producto al cliente, desde la recepción del pedido hasta su entrega por parte de la empresa.
- Explosión de materiales: elaboración de las necesidades de materias primas necesarias para la elaboración de un pedido.
- Elaboración del ejecutor en Excel: desarrollo de plantillas y ejecutor en el programa Excel para facilitar la elaboración y entrega de información al usuario asignado por la compañía.

5.5 REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA

5.5.1 Problemática. La distribución actual del área operativa no es satisfactoria al momento de llevar a cabo las actividades requeridas por el proceso, haciendo ineficientes diversos esfuerzos de los operarios dentro de sus labores diarias y generando desperdicios de tiempo que restan parte de la capacidad de la organización.

5.5.2 Justificación. A través de la observación y la encuesta realizada dentro de la compañía, se evidenciaron actitudes de inconformidad tanto de los operarios como a la gerencia con respecto al desempeño de la distribución de la planta que se posee actualmente; estas son evidentes en las operaciones de transporte extensas y repetitivas, inexistencia de limitaciones de centros de trabajo, ni zonas de paso de personal, al igual que no existe un área definida para los inventarios. Es preciso realizar una redistribución de planta que de mayor soporte a la operación de producción de la organización, genere un espacio laboral más ordenado y agradable para el capital humano y cumpla con las expectativas de la gerencia.

5.5.3 Actividades realizadas

- Evaluación de la capacidad instalada de la empresa en base a las medidas de espacio tomadas inicialmente de toda la compañía (véase el capítulo 4).

Las razones que primaron al momento de evaluar un rediseño de planta, fueron:

- ✓ Eliminar actividades innecesarias consideradas como desperdicio dentro de la producción.
- ✓ Definición de áreas por centros de trabajo.
- ✓ Ofrecer en el flujo de material las condiciones y estándares de calidad del lavadero.

- ✓ Dar un orden tanto a las materias primas como al producto en proceso y al producto terminado.

5.6 DOCUMENTACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS

5.6.1 Problemática. En el transcurso del periodo de diagnóstico realizado, se evidencia la inexistencia de una estandarización de los procesos, lo que impide en estas circunstancias ejercer un control a las actividades de producción.

5.6.2 Justificación. Para poder lograr una debida estandarización de los procesos es necesario iniciar por la implementación de una política de 5 s, una de las herramientas de lean manufacturing, permitiendo despejar y organizar los puestos de trabajo, y dentro de ella misma, se desarrolla la estandarización de los métodos de trabajo. La documentación se transforma en una herramienta de ayuda para los trabajadores, siendo una fuente de información útil.

5.6.3 Actividades a realizar

- Observación de los procesos: antes que nada es importante realizar una caracterización de los procesos, analizando las labores realizadas en las diferentes operaciones. Estas actividades son realizadas para la elaboración de los diferentes diagnostico en el capítulo 4.
- Actividades kaizen: estas reuniones se desarrollan para poder socializar la información y las propuestas de mejora desarrollada por parte de los autores. De la misma manera, es un canal de comunicación de los operarios a la gerencia, permitiendo vincular con mayor facilidad ambas partes en el proceso de política de mejoramiento continuo.
- 5 s: se realizan las 3 primeras etapas dentro del proceso de implementación de las 5 s; seiri, seriton y seison, las cuales separan, ordenan y limpian los centros

de trabajo y adecuan los mismos para un ambiente mucho más cómodo y agradable para que los trabajadores realicen sus labores.

- Estandarización: es el proceso donde se caracteriza y documentan los procesos, realizado en la empresa a través de las MES, formatos que serán de soporte para los operarios y herramienta para la gerencia como elemento de control.
- Gestión visual: para lograr a través del tiempo un continuo manejo de las políticas de las 5 s, se adecuan elementos visuales, delimitaciones de vías tanto de transito de materiales como de personal, todo esto como una herramienta de mejoramiento continuo.

6. IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS

6.1 REDISEÑO DE MOLDES

Como ya es sabido, uno de los problemas constantes en Mármoles y Bloques, es el arreglo de los orillos de los lavaderos, ya que es una actividad que se presenta durante todas la operaciones (exceptuando el mezclado y el fraguado), ocasionando mayor tiempo de operación en los centros de trabajo y requiriendo mezcla en cada arreglo que se haga de estos.

Analizando el proceso de producción se puede observar que los orillos aparecen en la operación de moldeo; operación en la que una vez vertida la mezcla en el molde se empieza a rellenar los espacios pequeños y arreglar los orillos (*Ilustración 7*).

Ilustración 7 Arreglo de orillos. FUNDIDO.

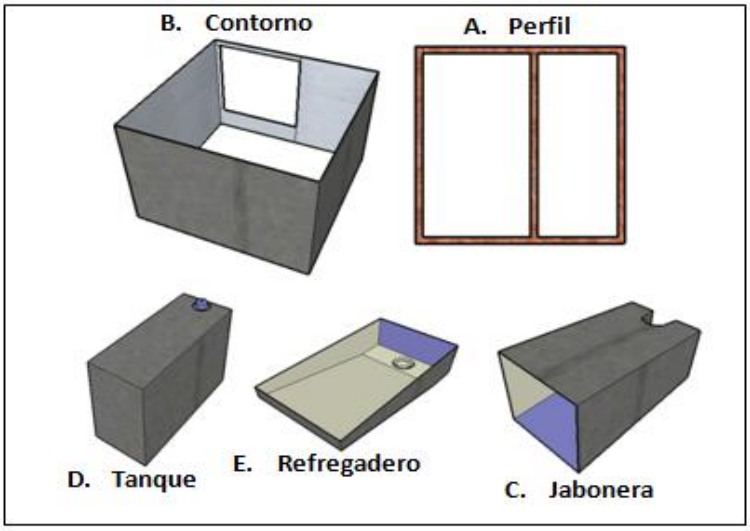
Desde el moldeo se tienen inconsistencias en los orillos; el hecho de rellenar deja espacios entre ellos y hace que estos no queden compactos ni rectos para las siguientes operaciones dando lugar a la ruptura de los mismos. Además, la

manipulación de los moldes con el tiempo ha hecho que estos se deformen y no casen lo necesario, requiriendo más mezcla y ocasionando la fuga de la misma, respectivamente.

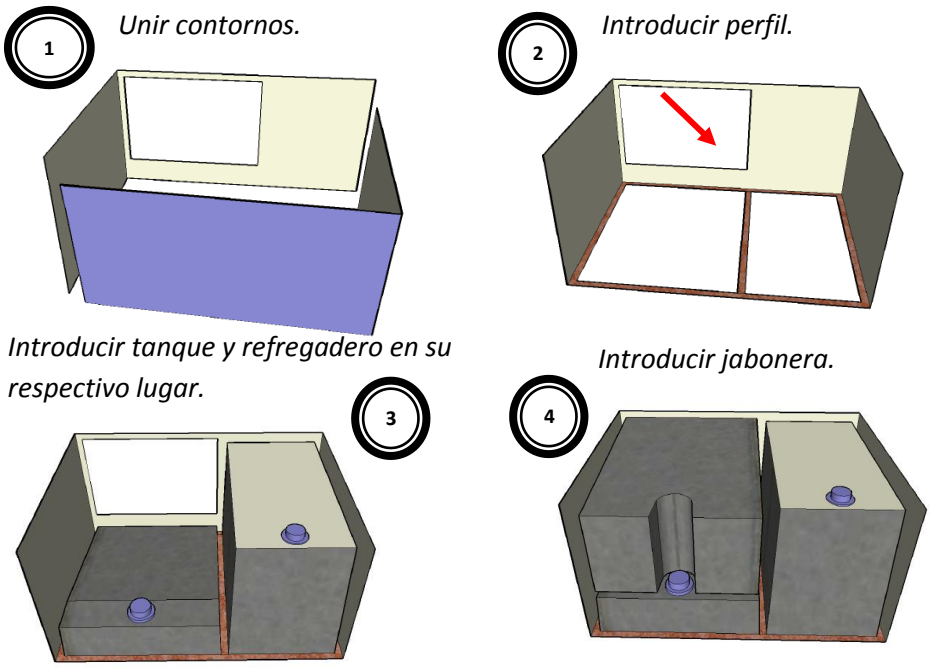
En primer lugar, se analizó la forma en la que es llenado el molde, formándose primero la base del lavadero y por último los orillos, ofreciendo mayor consistencia y uniformidad, por el peso de la mezcla, a la base; lado que no se pule ni se aprecia al momento de instalarlo. Para esto se consideró moldear en el sentido opuesto al que se estaba operando; es decir, en la parte inferior ubicar las piezas superiores del lavadero (re-fregadero y tanque), para que al momento de verter la mezcla, la consistencia y uniformidad por el peso de la mezcla se dé en los orillos del lavadero.

Para esto se requería del diseño de un nuevo molde, el cual permitiera fundir el lavadero de la manera ya mencionada y sus contornos ofrecieran resistencia a las vibraciones, evitando la curvatura de los mismos con el tiempo. El diseño propuesto consta de 5 partes como lo muestra la *Ilustración 8* con láminas de acero de mayor calibre para lograr resistencia al uso de los mismos.

Ilustración 8 Partes del molde



La manera de armar el molde se detalla a continuación:



Para finalmente, al retirar las piezas del molde obtener un lavadero fundido de la siguiente manera:

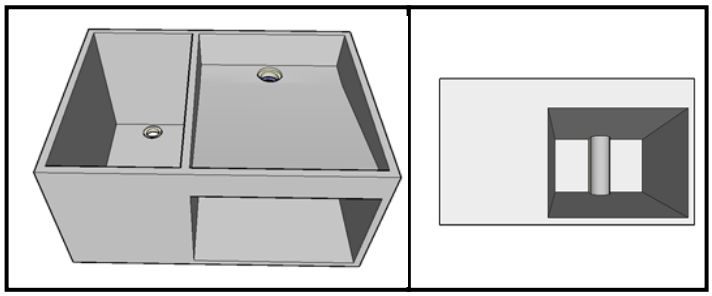


Tabla 18 Diferencias con el rediseño

Forma de Fundir		
Partes de los contornos		
Orillos		
Tubo del Refregadero		
Volumen Lavadero de 1m	96944 cm^3	66941cm^3

Las diferencias de los moldes que se venían trabajando en Mármoles & Bloques y los presentados con este diseño son en primera instancia y ya mencionado, la forma de fundir (llenado) el lavadero, otra es la manera de armar los contornos ya que anteriormente el contorno estaba formado por 5 partes: la base y los 4 lados,

con este diseño solo se tienen dos partes para armar, los lavaderos quedan con perfil en sus orillos ya que la manera de fundir de este diseño lo permite, el volumen de mezcla es menor que el de los moldes actuales (Ver *Anexo N y Anexo O*) y el tubo del refregadero queda tapado e introducido desde el fundido (ver*Tabla 18*).

6.2 ANÁLISIS DE MÉTODO Y CAPACIDAD DE LA OPERACIÓN DE PULIDO

Los procesos críticos están sujetos a la conocida regla que dice: el tiempo es oro, por desgracia dichos procesos suelen depender de recursos limitados específicos y ello da por resultado los cuellos de botella. El tiempo de procesamiento en ocasiones se puede disminuir sin comprar equipamiento adicional; la idea que se planteó para el pulido fue un cambio en la secuencia de las actividades.

El proceso de pulido inicia con el transporte del lavadero hasta dicho centro de trabajo, en el cual se le hacen las adecuaciones necesarias a la pulidora y se ubica el lavadero para iniciar el pulido (*Ilustración 9*). Dicho proceso lo conforman, aparte de pulir, otras actividades como lo son los cambios de discos y transportes como se describe en el Yamazumi. Una vez ubicado el lavadero se da inicio a la primera parte del pulido, el destronque, el cual consiste en retirar la primera capa del lavadero para que se note el granito de mármol, para esto se le acopla un disco diamantado a la pulidora. Luego de pasar el disco por todas las paredes del lavadero, se procede a cambiar el disco de la pulidora e iniciar la segunda parte del pulido que es el pulido fino, aquí se hace el cambio del disco diamantado a una piedra más fina la cual retira las rallas que deja el destronque en las paredes del lavadero, dándole una textura lisa. Finalizado esto se procede a retirar el lavadero a otro espacio y nuevamente tomar un lavadero e iniciar con el proceso. Todo esto lo lleva a cabo cada operario hasta la mitad de la jornada, luego procede a tomar los lavaderos que ya ha pulido para dar inicio al retapado.

Concluyendo, es este proceso existen interrupciones e intervalos de tiempo relativamente largos entre actividades que se logran disminuir dándole una secuencia apropiada al lavadero.

En primera instancia se analiza el proceso con el fin de definir qué actividades de todo el proceso va a realizar cada operario. Siendo consecuentes con la disminución de interrupciones, se elimina el cambio de disco asignando las fases del pulido (destronque y fino) a cada operario (*Ilustración 10*).

Ilustración 9 Flujo del proceso de Pulido

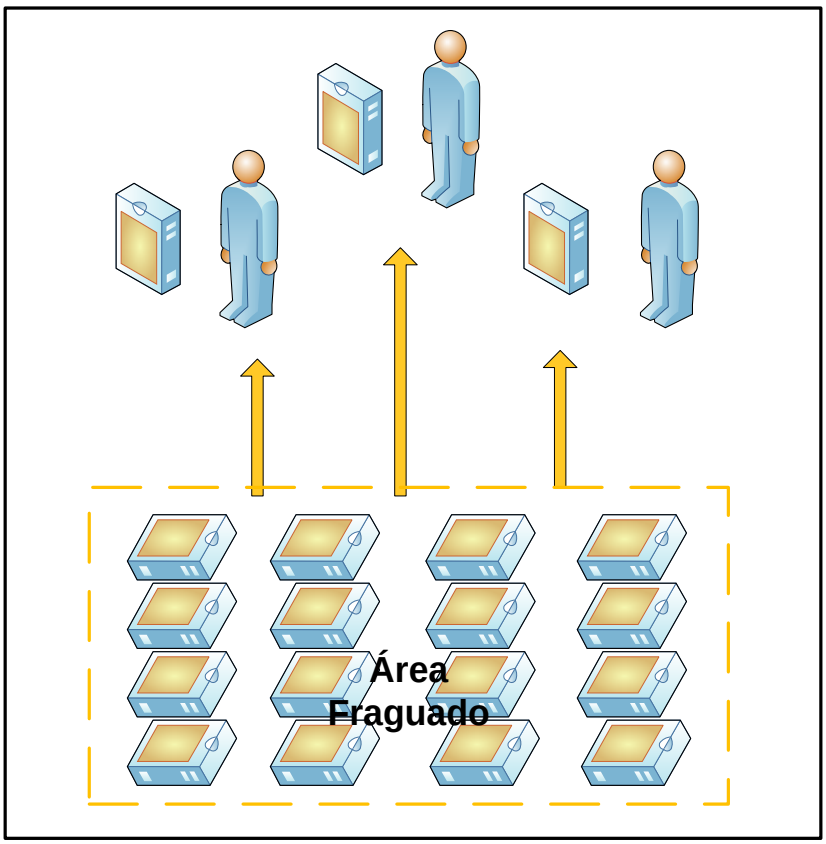
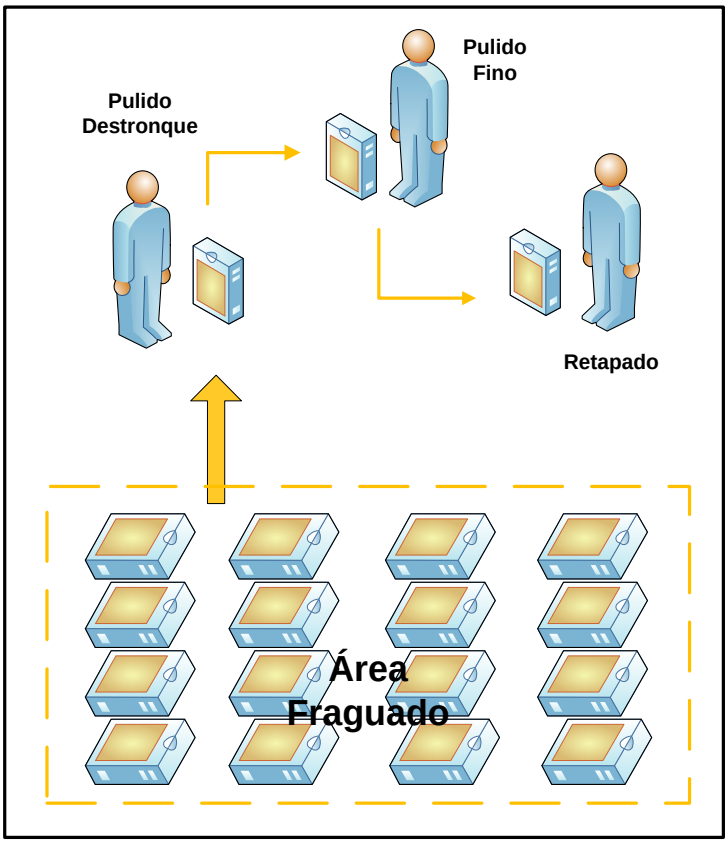


Ilustración 10 Secuencia de actividades. (Enfoque en serie)



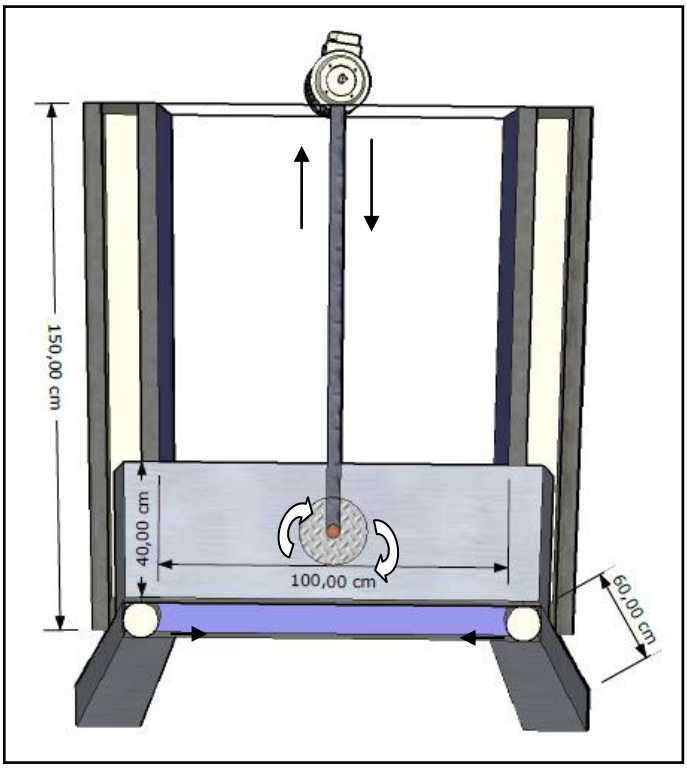
Entonces, al operario al que se le asigno del destronque toma el lavadero lo lleva al centro de trabajo e inicia con la primera fase del pulido; como en este proceso se requiere acomodar el lavadero para poder pulir todas las caras, en ese reacomodo el lavadero se va trasladando de tal manera que en el lugar donde termina de destroncar el operario deja el lavadero y se dirige a tomar otro lavadero. Inmediatamente termina el destronque, el operario al que se le asignó el pulido fino inicia con su actividad en el mismo lugar donde termino el operario del destronque y al finalizar el operario restante inicia con el retapado. El retapado (operación siguiente al pulido) es un proceso que no requiere reposo del lavadero, se puede hacer inmediatamente sale del pulido. Se tenían 3 operarios en el proceso de pulido, los mismos 3 en el proceso de retapado; con el enfoque en serie de la secuencia de las actividades se utiliza la misma fuerza de trabajo

eliminando cambios de discos, transportes dentro del centro de trabajo e intervalos de tiempo entre procesos.

Además del análisis en las actividades, se observó que la ergonomía durante el proceso no es favorable al bienestar del operario, debido a los reacomodos que debe hacer con el lavadero y a los levantamientos del mismo.

Es por esto que se planteó el diseño de una herramienta, con la asesoría de un eléctrico, la cual permitiera elevar el lavadero a la altura apropiada para cada operario, además de que permitiera girar el lavadero (*Ilustración 11*).

Ilustración 11 Elevador para el pulido



No se hizo un detalle profundo de las especificaciones técnicas, ya que es un sistema muy elemental, el sistema de elevación se podría hacer hidráulico o eléctrico, todo está ligado a la capacidad económica que se quiera asignar a la herramienta, pero finalmente prevaleció la ausencia de certeza con respecto a las

capacidades que pudiese brindar dicha maquina ya que no ha sido utilizada por otras empresas por ende estaría sujeta a modificaciones que significan inversión de capital.

El diseño fue aceptado a complacencia por el gerente-propietario de la compañía, pero por razones anteriormente mencionadas se llevara a cabo en el momento en que se cuente con la capacidad de inversión.

6.3 DEFINICIÓN DE CANTIDADES DE MATERIALES EN MEZCLA Y TIEMPO DE FRAGUADO

Mármoles & Bloques, para mantener concordancia entre el uso diario de materias primas y la cantidad de lavaderos producidos diariamente, cuenta con un formato (*Anexo P*) donde los operarios encargados de realizar la mezcla, deben diligenciar para informar el total de uso de cada producto en las diferentes batidas hechas durante la jornada laboral. Las unidades dentro del formato son bultos y baldes. Cada bulto de material es igual a 4 baldes del mismo. Para las raciones de agua que se usan, el balde que se utiliza es de otras proporciones.

Tomando 15 formatos como muestra, los pertenecientes a los primeros 15 días laborales del mes de enero del 2012 (*Anexo Q)*, se procedió a realizar un promedio diario de bultos utilizados de cada material (*Tabla 19*) en cada una de las batidas producidas en dichas fechas, y se calculó la cantidad de bultos promedio utilizados por día.

Tabla 19 Promedio diario de las Materias Primas

Muestra	Promedio diario bultos de grano	Promedio diario bultos de marmolina	Promedio diario bultos de cemento	Promedio diario bultos de arena
1	53,25	13,9	14,9	26
2	47,5	15	14,25	30
3	46,5	15,25	13,9	30,5
4	49,75	14,5	14,25	26,5
5	31	11,5	10,75	19,5
6	39,5	13,75	10,6	18,5
7	49,5	12,75	10,75	19
8	68,75	13,75	17,25	30,5
9	31,5	17,5	10,5	24
10	32,5	11,25	9,75	19
11	39,5	12,5	11,5	18,5
12	32,5	10,25	10,5	20
13	33,25	9	9,5	18,5
14	23	5	5,75	11,5
15	14,25	3,5	4	9,5
$\frac{\sum PromDiario}{\# demuestras}$	39,4833333	11,96	11,21	21,4333333

De las mismas muestras (*Anexo R*) se calculó el promedio de lavaderos producidos (*Tabla 20*), de cada referencia durante el periodo de tiempo mencionado, e igualmente se calculó el promedio de bases.

Tabla 20 Promedio por referencia de producto

Elemento	Lavadero					Bases
Referencia	1 mt	0.9 mt	0.8 mt	0.7 mt	0.6 mt	
$\frac{\sum PromDiario}{\# demuestras}$	6,533	5	5,266	2,8	3,733	56,266

Teniendo estos valores, el objetivo es encontrar la relación entre los promedios de cada material utilizado en cada referencia de lavadero y bases, para esto es

importante observar que la unidad de bultos de referencia para la empresa es la presentación en la cual se compra el cemento, a partir de ello es que cuantifican lo que es el bulto de los demás materiales, para esto, ellos utilizan un balde especifico, que se mencionó anteriormente; la proporción son cuatro baldes equivalen a un bulto de cemento, pero es de resaltar que no se utiliza la capacidad total del balde, los operarios del mezclado ocupan únicamente el 80% del volumen del balde, teniendo que reducirse el número de bultos promediado de granito, marmolina y arena al 80% (*Tabla 21*). Con estos valores reales es que se debe cuantificar la relación de materiales y producción.

Tabla 21 Promedio de Materias Primas

Valores reales Promedios (Bultos)	Grano	Marmolina	Cemento	Arena
	31,6	9,6	11,2	17,12

Conociendo los valores reales promedios, se deben convertir a cm³ para obtener valores más exactos en unidades de medida internacional. Para realizar la conversión, se calculó el volumen del balde que utilizan en el mezclado, dando un valor de 9450 cm³. Al calcular la relación, obtenemos:

$$9450\ \frac{cm^3}{balde} * 4\frac{baldes}{Bulto} = 37800\frac{cm^3}{Bulto}$$

Con el volumen obtenido por bulto, el paso a seguir es realizar la conversión de bultos a cm³ de los valores reales promedios (*Tabla 22*).

Tabla 22 Volumen de Materias Primas

Promedio	Granito	Marmolina	Cemento	Arena
cm³	1194480	362880	423360	647136

La ultima materia prima a calcular es el agua; esta tiene un valor estándar y es de 3 baldes por batida de mezcla. Para calcular un promedio diario, al igual que con los demás materiales, es necesario tener conocimiento del volumen del balde que se usa para verter el agua en la mezcladora, siendo este de 25662 cm³. Basados en las muestras utilizadas anteriormente, se cuantifico el número de batidas diarias, para así encontrar un valor promedio, y con él realizar la operación necesaria; el resultado de ello es un valor de 669264,96 cm³ de agua promedio por día. Con conocimiento de todos los volúmenes utilizados en promedio al día de cada material, se obtiene el promedio de volumen de mezcla producido al día (*Tabla 23*).

Tabla 23 Volumen Promedio de mezcla diaria.

	Granito	Marmolina	Cemento	Arena	Agua	Volumen promedio de mezcla
						Promedio ∑ Cantidad materiales
Promedio cm³	1194480	362880	423360	647136	669264,96	3297120,96

De la misma manera que se desarrolló con las materias primas, se deben calcular los volúmenes en cm³ de cada referencia de lavadero y de las bases, para conocer el volumen diario que demanda la producción (*Tabla 24*).

Tabla 24 Volumen diario de Producción

Referencia	1 mt	0.9 mt	0.8 mt	0.7 mt	0.6 mt	Bases	Vol. Pro. demandado
Volumen cm³	104892	97964	87260	80780	69020	8775	∑ vol. Ref.
Vol. Promedio diario	681798	489820	462478	226184	255374	496080	2611734

Es necesario calcular en cada cm³ de lavadero o base cuantos cm³ de materia prima están presentes, para así conocer el gasto de los componentes de la mezcla (*Tabla 25*).

Tabla 25 cm³ de Materia prima por cm³ de Lavadero

Materia prima	$\frac{cm^3 Granito}{cm^3 Producto}$	$\frac{cm^3 Marmolina}{cm^3 Producto}$	$\frac{cm^3 Cemento}{cm^3 Producto}$	$\frac{cm^3 Arena}{cm^3 Producto}$	$\frac{cm^3 Agua}{cm^3 Producto}$
Cantidad	0,45735132	0,13894217	0,1620992	0,24778021	0,25625311

Tabla 26 Gasto de Materia Prima por Referencia

Producto	cm³ Granito	cm³ Marmolina	cm³ Cemento	cm³ Arena	cm³ Agua
1 mt	47.972,49	14.573,92	17.002,91	25.990,16	26.878,90
0.9 mt	44.803,96	13.611,33	15.879,89	24.273,54	25.103,58
0.8 mt	39.908,48	12.124,09	14.144,78	21.621,30	22.360,65
0.7 mt	36.944,84	11.223,75	13.094,37	20.015,69	20.700,13
0.6 mt	31.566,39	9.589,79	11.188,09	17.101,79	17.686,59
Bases	4.013,26	1.219,22	1.422,42	2.174,27	2.248,62
%	36%	11%	13%	20%	20%

Con esta información, se conoce con certeza cuanto es el gasto real de cada materia prima al momento de realizar cualquiera de los productos de la empresa (*Tabla 26*), incluyendo dentro de él el desperdicio que se da por manipulación de la mezcla al momento de transportarla al centro de trabajo de moldeo y el paso manual que se realiza para verter la mezcla dentro de cada molde, calculando la perdida de mezcla.

$$\frac{Volumen\ Mezcla\ Utilizado}{Volumen\ Mezcla\ Producido} = \frac{2611734\ cm^3}{3297121\ cm^3} = 79.21\%$$

$$Perdidas = 1 - \%\ Volumen\ utilizado = 20.79\%$$

Para plantear a la compañía propuestas eficientes y enfocadas a sus necesidades fue necesario investigar sobre las propiedades y comportamiento del concreto es

su estado fresco y endurecido, y así poder plantear los parámetros y variables dentro del diseño de experimentos.

1. Identificación y enunciación del problema

La producción de un lavadero tiene como punto de partida la elaboración de la mezcla, por lo tanto dicha mezcla debe asegurar el buen estado del lavadero desde el momento en que se moldea hasta la entrega al cliente final; el buen estado del lavadero hace referencia a que se conserve su estructura, es decir que no se grietee o se parta durante todo el proceso productivo.

Como resultado del diagnóstico inicial y las inquietudes presentadas por la administración de la compañía acerca de las anomalías en los lavaderos durante todo el proceso productivo además de las constantes garantías que la empresa viene asumiendo debido a rupturas o grietas en los lavaderos, se planteó la necesidad de reevaluar la composición de la mezcla y saber cómo es la interacción entre cada uno sus componentes.

2. Elección de factores, niveles y rangos

El concreto es una mezcla heterogénea que pasa por un proceso hasta lograr el estado endurecido ofreciendo una resistencia satisfactoria y durabilidad adecuada. La resistencia y durabilidad, según el concepto del concreto como tal, depende potencialmente por la composición de la mezcla, además del trato que se le haga durante su proceso de curado o fraguado.

La mezcla, como ya se había enunciado antes, está compuesta básicamente de agregados, cemento, agua y algunas veces aditivos.

Los agregados son la parte llenante de la mezcla. La distribución de tamaños de las partículas se le llama *granulometría*, la cual es importante poseer una masa de agregados de granulometría continua, permitiendo que las partículas dentro de la

mezcla puedan coincidir y compactarse mucho mejor en la pasta (agua y cemento), permitiendo mayor densidad a la mezcla y una posterior resistencia alta. Con relación al agua y al cemento es importante tener en cuenta la fluidez de la pasta, la cual resulta de la interacción entre ellos, ya que la resistencia varía de forma inversa a la relación $agua\ \ cemento$.

Como en la mezcla se fusiona agregados y pasta, se debe tener en cuenta la relación $pasta\ \ agregados$, ya que la manejabilidad del concreto en estado fresco se ve afectada por la relación existente entre la cantidad de pasta y el área de los agregados que esta debe lubricar y pegar.

Existen factores externos a la composición del concreto como la exposición al agua que hacen que este reaccione químicamente dando lugar al fraguado que a su término convierte la masa plástica de concreto fresco en una masa endurecida e indeformable.

En base a lo anterior se definen los factores a evaluar e interactuar en la mezcla:

- ✓ Granulometría en los agregados.
- ✓ Relación $agua\ \ cemento$.
- ✓ Relación $pasta\ \ agregados$.
- ✓ Exposición al agua.

Para que la mezcla de resultados satisfactorios sea necesario poseer claridad en las propiedades del concreto, las cuales fueron mencionadas con detalle inicialmente, y en ellas están los rangos de aceptabilidad de cada factor mencionado para obtener un buen concreto (*Tabla 27*).

Tabla 27 Rangos de cada Factor

Factor	Rangos de aceptabilidad	
	Mínimo	Máximo
Granulometría	149 µ	19 mm
$\boldsymbol{agua\ \ cemento}$	40%	130%
$\boldsymbol{pasta\ \ agregados}$	15%	30%
Exposición al agua	4 horas	7 días

3. <u>Selección de la variable de respuesta</u>

Un buen concreto es aquel que resulta satisfactorio en sus dos estados: fresco y endurecido. Las condiciones relativas del estado fresco residen en que el grado de humedad de la mezcla sea el adecuado para que el concreto pueda ser transportado, se pueda compactar y posea la cohesión suficiente para evitar producir segregación o exudación. El estado endurecido, debe tener una resistencia satisfactoria y una durabilidad adecuada, donde la permeabilidad es un agente determinante en esta propiedad, ya que esta determina la vulnerabilidad del concreto hacia agentes externos.

Teniendo en cuenta esto, el interés de la compañía es obtener la combinación apropiada de componentes que asegure la calidad del lavadero y este entre los rangos establecidos para el concreto al menor consto posible, es decir, la mezcla que ofrezca el mejor costo-beneficio para la compañía.

4. <u>Elección del diseño experimental</u>

La elaboración de prefabricados es básicamente moldear el concreto, por lo que debe cumplir con las especificaciones que este ofrece; si el concreto no se diseña de tal forma que cumpla con sus características mínimas, el prefabricado tampoco tendrá las características que necesita para su uso. La necesidad de mármoles y bloques es asegurar el funcionamiento del prefabricado, sin salirse de los estándares estipulados en las propiedades del concreto, al menor costo; por lo

tanto no es de interés obtener la mejor combinación posible con respecto al concreto, sino la más conveniente en relación con el costo.

Entonces la estrategia de experimentación a seguir es el enfoque de la mejor conjetura, la cual funciona de la mejor manera si se cuenta con los conocimientos técnicos o teóricos del sistema que se está estudiando, en este caso sobre el concreto. Para ello se cuenta con la experiencia del gerente de la compañía y con la documentación detallada de las características y propiedades del concreto.

5. Realización del experimento

En vista de las propiedades de interés que se trataran en el estudio, es necesario incluir información más detalla de las condiciones de la mezcla actual.

✓ Granulometría

Con el conocimiento del volumen diario promedio de mezcla que Mármoles & Bloques produce, se definen las cantidad de volumen de agregado (*Tabla 28*), y se especifican los porcentajes de participación de cada material en dicho volumen (*Tabla 29*) clasificando dichos agregados en fino y grueso según corresponda.

Tabla 28 Volumen por agregado/Volumen Mezcla

Agregados	Granito	Marmolina	Arena	Total
Bultos	31,60	9,60	17,12	58,32
cm^3	1194480	362880	647136	2204496
%	54%	16%	29%	100%

Tabla 29 Participación por Agregado en la mezcla

Agregado	Distribución de los agregados	%	% Volumenen la mezcla
Grueso	1453334,4 cm³	66%	44%
Fino	751161,6 cm³	34%	23%
Total	2204496 cm³	100%	67%
		Total concreto	3297120,96 cm³

✓ Fluidez de la pasta

Es importante definir las cantidades promedio diarias de agua y cemento en relación al volumen promedio diario de mezcla (*Tabla 30*).

Tabla 30 Volumen Agua - Cemento/Volumen mezcla

	Agregado	Cemento	Agua	Total
Bulto	60,72	11,2		
cm³	2204496	423360	669264,96	3297120,96
%	67%	13%	20%	100%

Para analizar la fluidez y humedad de la mezcla, es necesario calcular las relaciones de pasta con respeto al agregado y el volumen de agua con respecto al volumen de cemento.

$$\boldsymbol{Relacion}\frac{\text{agua} + \text{cemento}}{\text{agregado}} = 50\%\boldsymbol{Relacion}\frac{\text{agua}}{\text{cemento}} = 158\%$$

Se platearon 8 propuestas inicialmente, donde se intenta analizar en cada una el comportamiento del cambio presente en las cantidades de los materiales. Se dividieron en 2 grupos, cada uno enfocado en variar una de las propiedades del

concreto. Las cantidades se expresan en centímetros cúbicos, bultos y baldes, dependiendo de la manera más sencilla de explicar la medida. Para ser más precisos en las cantidades a utilizar, se compraron nuevos baldes, donde se dejó estandarizado el volumen que debe vértice en el recipiente para ser aceptado como un balde de materia prima. Para el interés del diseño es importante observar el porcentaje de participación de cada material en relación al total de mezcla. Es importante resaltar que la arena no se tomó exclusivamente como agregado fino, debido a que contiene grandes cantidades de piedra y otros minerales, se asume que el 60% de esta es agregado fino, y el 40% restante es agregado grueso. Los gastos de materias primas e cada propuesta para cada referencia se pueden observar a profundidad en el *Anexo S – Anexo Z*.

✓ Propuestas de Granulometría

Estas propuestas buscan homogeneizar las cantidades de agregado grueso con el fino, manteniendo estáticas en algunas las cantidades de cemento y agua.

- Propuesta N° 1

Aumentar en un 5% el agregado fino, disminuyendo en el mismo porcentaje el agregado grueso del total de agregados (*Tabla 31* y *Tabla 32*).

Tabla 31 Relación Agregado/Mezcla (Propuesta 1)

	Granito	Marmolina	Arena	Total
Porcentaje	48%	25%	27%	100%
bulto	27,9936	14,58	15,7464	58,32
cm^3	1058158,08	551124	595213,92	2204496

Tabla 32 Participación Agregado/Mezcla (Propuesta 1)

Agregado	Distribución de los agregados	%	% Volumen en el concreto
Grueso	1296243,65 cm³	59%	39%
Fino	908252,352 cm³	41%	28%
total	2204496 cm³	100%	67%
		TOTAL CONCRETO	3297120,96 cm³

- Propuesta N° 2

El porcentaje de agregado fino sea mayor que el de grueso, siendo cada uno del 60% y 40% respectivamente del total de agregados (*Tabla 33* y *Tabla 34*).

Tabla 33 Relación Agregado/Mezcla (Propuesta 2)

	Granito	Marmolina	Arena	Total
Porcentaje	35%	50%	15%	100%
Bulto	20,412	29,16	8,748	58,32
cm³	771573,6	1102248	330674,4	2204496

Tabla 34 Participación Agregado/Mezcla (Propuesta 2)

Agregado	Distribución de los agregados	%	% Volumen en el concreto
Grueso	923193,869 cm³	40%	28%
Fino	1384790,8 cm³	60%	42%
total	2307984,67 cm³	100%	70%
		TOTAL CONCRETO	3297120,96 cm³

Para esta propuesta es necesario reajustar el porcentaje de agua y cemento (*Tabla 35*), para poder cumplir una relación de $Marmolina = 1{,}5\ Granito$.

Tabla 35 Porcentaje Agua - Cemento

Cemento	Agua
12%	18%
395654,515	593481,773

- Propuesta N° 3

Aumentar el porcentaje de marmolina en la mezcla, teniendo la misma cantidad de arena, siendo equivalente por consecuencia una disminución en la cantidad de granito (*Tabla 36* y *Tabla 37*).

Tabla 36 Relación Agregado/Mezcla (Propuesta 3)

	Granito	Marmolina	Arena	Total
Porcentaje	50%	25%	25%	100%
Bulto	29,16	14,58	14,58	58,32
cm³	1102248	551124	551124	2204496

Tabla 37 Participación Agregado/Mezcla (Propuesta 3)

Agregado	Distribución de los agregados	%	% Volumen en el concreto
Grueso	1322697,6 cm³	60%	40%
Fino	881798,4 cm³	40%	27%
total	2204496 cm³	100%	67%
		TOTAL CONCRETO	3297120,96 cm³

- Propuesta N° 4

Aumentar el porcentaje de agregado fino en la mezcla (*Tabla 38*) y a su vez reduciendo la relación $^{agua}\ _{cemento}$al 109%.

Tabla 38 Participación Agregado/Mezcla (Propuesta 4)

Agregado	Distribución de los agregados	%	% Volumen en el concreto
Grueso	1523269,88 cm³	60%	46%
Fino	1015513,26 cm³	40%	31%
Total	2538783,14 cm³	100%	77%
		TOTAL CONCRETO	3297120,96 cm³

Para lograr el porcentaje mencionado de $\frac{agua}{cemento}$ es necesario disminuir la cantidad de cemento dentro de la mezcla.

Tabla 39 Participación de materias primas en la mezcla (Propuesta 4)

	Granito	Marmolina	Arena	Cemento	Agua	Total
%	39%	19%	19%	11%	12%	100%
cm³	1269391,57	634695,785	634695,7848	362683,3056	395654,515	3297120,96

✓ Propuestas de la pasta

En esta serie de propuestas se analizara el comportamiento de la pasta, observando si en mayor o menores cantidades es mucho más favorable para la operación del pulido.

- Propuesta N° 5

Disminuir la cantidad de agua al momento de realizar la mezcla, para observar un concreto más seco (*Tabla 40* y *Tabla 41*).

Tabla 40 Participación Agregado - Pasta en la mezcla (Propuesta 5)

	Agregado	Cemento	Agua	Total
cm³	2406898,3	395654,515	494568,144	3297120,96
%	73%	12%	15%	100%

Tabla 41 Participación Agregados en la mezcla (Propuesta 5)

Agregado	Granito	Marmolina	Arena
%	54%	16%	29%
cm³	1304149,29	396197,251	706551,765

$$Relacion \frac{\text{agua} + \text{cemento}}{\text{agregado}} = 37\% \qquad Relacion \frac{\text{agua}}{\text{cemento}} = 125\%$$

- Propuesta N° 6

Disminuir la cantidad de pasta en relación al agregado (*Tabla 42* y *Tabla 43*).

Tabla 42 Participación Agregado - Pasta en la mezcla (Propuesta 6)

	Agregado	Cemento	Agua	Total
cm³	2562120,96	350000	385000	3297120,96
%	78%	11%	12%	100%

Tabla 43 Participación Agregados en la mezcla (Propuesta 6)

Agregado	Granito	Marmolina	Arena
%	54%	16%	29%
cm³	1388254,84	421748,306	752117,813

$$Relacion \frac{\text{agua} + \text{cemento}}{\text{agregado}} = 30\% Relacion \frac{\text{agua}}{\text{cemento}} = 110\%$$

- Propuesta N° 7

Disminuir en una gran cantidad el cemento de la mezcla, siendo esta notablemente más económica, pero menos adhesiva (*Tabla 44* y *Tabla 45*).

Tabla 44 Participación Agregado - Pasta en la mezcla (Propuesta 7)

	Agregado	Cemento	Agua	Total
cm³	2637696,77	296740,886	362683,306	3297120,96
%	80%	9%	11%	100%

Tabla 45 Participación Agregados en la mezcla (Propuesta 7)

Agregado	Granito	Marmolina	Arena
%	48%	25%	27%
cm³	1266094,45	659424,192	712178,127

$$Relacion\frac{\text{agua} + \text{cemento}}{\text{agregado}} = 25\% Relacion\frac{\text{agua}}{\text{cemento}} = 122\%$$

- Propuesta N° 8

Reducir drásticamente la cantidad de agua a utilizar, dando una mezcla seca pero contando con la misma cantidad de cemento (*Tabla 46* y *Tabla 47*).

Tabla 46 Participación Agregado - Pasta en la mezcla (Propuesta 8)

	Agregado	Cemento	Agua	Total
cm³	2604725,56	362683,306	329712,096	3297120,96
%	79%	11%	10%	100%

Tabla 47 Participación Agregados en la mezcla (Propuesta 8)

Agregado	Granito	Marmolina	Arena
%	48%	25%	27%
cm³	1250268,27	651181,39	703275,901

$$Relacion\frac{\text{agua} + \text{cemento}}{\text{agregado}} = 27\% Relacion\frac{\text{agua}}{\text{cemento}} = 91\%$$

Diariamente se realizaba una batida aplicando una de las propuestas planteadas; de una batida logran salir 2 lavaderos de metro, cada uno se expondría a un proceso de fraguado diferente, uno de ellos se mantiene en inventario durante 4 días en las condiciones que la empresa mantiene los lavaderos actualmente, al segundo seria humectado constantemente con agua, pero su periodo de fraguado se reduciría a 3 días, es decir que en la totalidad se realizaron 16 pruebas.

6. Análisis de los datos

Para evaluar las 8 propuestas en base al criterio de costo beneficio, es indispensable conocer el costo de materias primas (*Tabla 48*) de todas las mezclas planteadas; para esto, se definirá el valor de realizar un lavadero de 1 metro con cada una de ellas (*Tabla 49*), para así comparar con el costo de materias primas actual.

Tabla 48 Costo de Materias Primas

Material	Granito	Marmolina	Cemento	Arena
costo/bulto	$ 9.170,0	$ 5.235,0	$ 42.000,0	$ 667,0

Tabla 49 Evaluación de las Propuestas

Propuestas	Granito (Bulto)	Marmolina (Bulto)	Cemento (Bulto)	Arena (Bulto)	Agua (Baldes)	Costo Total
Actual	1,27	0,39	0,45	0,69	1,05	
	$ 11.638	**$ 2.018**	**$ 18.892**	**$ 459**		**$ 33.007**
P. 1	1,12	0,59	0,45	0,69	1,05	
	$ 10.310	**$ 3.065**	**$ 18.892**	**$ 422**		**$ 32.689**
P. 2	1,39	0,42	0,42	0,75	0,77	
	$ 12.706	**$ 2.204**	**$ 17.656**	**$ 401**		**$ 33.066**
P. 3	1,47	0,45	0,37	0,8	0,6	

Propuestas	Granito (Bulto)	Marmolina (Bulto)	Cemento (Bulto)	Arena (Bulto)	Agua (Baldes)	Costo Total
P. 4	**$ 13.526**	**$ 2.346**	**$ 15.618**	**$ 533**		**$ 32.023**
	1,17	0,59	0,45	0,59	1,05	
	$ 10.739	**$ 3.065**	**$ 18.892**	**$ 391**		**$ 33.087**
P. 5	1,35	0,67	0,39	0,67	0,62	
	$ 12.368	**$ 3.530**	**$ 16.184**	**$ 450**		**$ 32.532**
P. 6	1,35	0,7	0,32	0,76	0,57	
	$ 12.336	**$ 3.668**	**$ 13.242**	**$ 505**		**$ 29.750**
P. 7	1,33	0,69	0,39	0,75	0,52	
	$ 12.181	**$ 3.622**	**$ 16.184**	**$ 498**		**$ 32.486**
P. 8	0,82	1,17	0,42	0,35	0,93	
	$ 7.517	**$ 6.131**	**$ 17.656**	**$ 234**		**$ 31.538**

Al exponer todas las muestras a la operación de pulido, se encontraron patrones de relevante interés:

- ✓ Las mezclas no pueden una proporción baja de agua en relación del total del volumen de la mezcla, ya que no logran deslizarse fácilmente a través de los moldes.
- ✓ Los granos se encuentran más compactos después del fraguado en las mezclas donde el agregado fino se aumentó.
- ✓ Se comprobó que la humectación constante de los lavaderos mientras se fragua lograba mejorar lograba un mejor desempeño del fraguado.
- ✓ Disminuir el cemento, a pesar de ser muy atractivo económicamente no es viable, ya que en menor cantidad no logra compactar los suficiente todos los agregados, y haciendo al lavadero bastante frágil.

Teniendo en cuenta estas observaciones por parte de los operarios, y con el apoyo de la gerencia se continúo con el desarrollo de 2 nuevas propuestas, buscando alcanzar un resultado más satisfactorio del análisis desarrollado a través

de este diseño, el gasto de materiales para cada referencia de estas propuestas están presentes en el Anexo AA y Anexo AB.

Propuesta alternativa N°1 (*Tabla 50*).

Tabla 50Descripción Alternativa 1

	Granito	Marmolina	Cemento	Arena	Agua	Total
%	24%	34%	13%	10%	19%	100%

Propuesta alternativa N°2 (*Tabla 51*).

Tabla 51 Descripción Alternativa 2

	Granito	Marmolina	Cemento	Arena	Agua	Total
%	24%	34%	13%	10%	19%	100%

De igual manera es necesario evaluar los costos de materias primas para las 2 nuevas propuestas (*Tabla 52*).

Tabla 52 Evaluación de alternativas

Propuestas	Granito (Bulto)	Marmolina (Bulto)	Cemento (Bulto)	Arena (Bulto)	Agua (Baldes)	Costo Total
Actual	1,27	0,39	0,45	0,69	1,05	
	$ 11.638	**$ 2.018**	**$ 18.892**	**$ 459**		**$ 33.007**
Alternativa 1	0,84	1,2	0,45	0,36	0,96	
	$ 7.703	**$ 6.282**	**$ 18.816**	**$ 240**		**$ 33.041**
Alternativa 2	1,07	0,89	0,36	0,71	0,71	
	$ 9.776	**$ 4.651**	**$ 14.925**	**$ 474**		**$ 29.827**

La propuesta alternativa N°2 por decisión de la gerencia es la más atractiva para ellos, económicamente es más baja que la mezcla actual, pero el comportamiento

en la operación es mucho más satisfactorio, disminuye considerablemente el desprendimiento de grano en el pulido, y en el retapado hay una reducción leve de tiempo gracias a que la superficie del lavadero no queda tan porosa después del fraguado.

7. Conclusiones y recomendaciones

Por último, para culminar satisfactoriamente este proceso, es importante concluir y resaltar los conocimientos más sobresalientes que se obtuvieron a través de este proceso:

- Como se mencionó en el análisis preliminar del diseño, las mezclas no pueden poseer un porcentaje de agua menor al 10%. A través de las propuestas con un porcentaje de relación agua/cemento mayor a aconsejado por las fuentes utilizadas, era mucho más eficientes que las mezclas más secas; esto se debe a que una mezcla fluida permite que la misma se deslice y acomode mucho mejor dentro de las matrices de los moldes que una seca, disminuyendo las imperfecciones al momento en que el concreto fragua, haciendo menos extensas las labores de arreglos de orillos y esquinas, y haciendo las distribución de la mezcla más homogénea dentro del molde.
- También como fue mencionado anteriormente, las mezclas donde el agregado fino se aumentó, principalmente la marmolina, tuvieron un mayor comportamiento que en las que no se realizó dicho aumento. Esto permite desarrollar una granulometría mucho más continua, permitiendo que el granito (agregado grueso) logra compactar los granos con mucha mayor facilidad.
- En conjunto con el artículo anterior, se identificó que entre mayor marmolina presente, no es necesario utilizar grandes cantidades de cemento, debido a que cuando hay una cantidad de marmolina considerable junto a cemento, esta se comporta como adherente, debido a que el cemento y la marmolina poseen componentes químicos similares, lo que permitió desarrollar una propuesta de

disminución de cemento y aumento de marmolina (Propuesta Alternativa N°2), que posee un costo atractivo para la compañía.

- En definitiva, una hidratación constante en el fraguado, mejora el desempeño del concreto dentro de ese periodo; esto permite al cemento adsorber mayor agua constantemente, para así hacer su proceso químico de secado mucho más rápido. Por lo tanto se instaló un sistema de riego por aspersión en el área de fraguado.
- La mezcla puede mejorar con aditivos, es importante analizar en una relación costo – beneficio si la inclusión de ellos mantendría u mejoraría la mezcla actual sin afectar el costo que se posee.

Analizando las propiedades del concreto en su totalidad, se mencionó otro factor que se debe tener presente aparte del cemento y el agua para realizar pasta, es el aire, atrapado naturalmente o incluido intencionalmente. El aire que es incluido intencionalmente en el concreto fresco se denomina aire incorporado; se considera uno de los grandes avances en la tecnología del concreto, y hoy por hoy se recomienda para casi todos los concretos, especialmente para mejorar características de manejabilidad y durabilidad.

Profundizando en esta propiedad se encontró el concepto de ***concreto celular***, que es un concreto ultra-ligero en cuya composición existen miles de celdas de aire esféricas, homogéneas y totalmente independientes. El concreto ligero, como también se le llama, se le identificó durante muchos años como aquél cuya densidad superficialmente seca no fuese mayor a 1,800 kg/m3, en comparación a el común, el cual usualmente pesa entre los 2,400 y 2,560 kg/m3. La característica más evidente es su densidad, considerablemente menor que la del concreto normal. Las ventajas de tener materiales con baja densidad son muy numerosas. Por ejemplo, disminuyen las cargas muertas, mayor rapidez de construcción, con menores costos de transportes y acarreos.

La inclusión de una cantidad apropiada de aire en el concreto produce efectos deseables a sus características, sin mencionar una reducción considerable de peso cuando el concreto se encuentre en estado endurecido. En estado fresco mejora la trabajabilidad y disminuye el riesgo de segregación, por otro lado, en estado endurecido mejora notablemente la durabilidad, reduce la permeabilidad, aumenta la resistencia a la acción de los sulfatos y sustancias químicas, permite la reducción del agua de mezclado y la cantidad de arena en mezcla.

El concreto celular es una tecnología no utilizada normalmente en el gremio de la construcción en Colombia, por lo que conseguir los materiales para llevarse a cabo no se consiguen, pero recolectando información se encontró que es utilizada en Brasil y México con gran acogida y mostrando resultados satisfactorios. La esencia, como ya se mencionó anteriormente del concreto celular es agregar aire a la mezcla, y la presentación de este es espuma. Se logró hacer contacto empresa nacional (Concretos Celulares Colombia) que se encuentran llevando sus actividades en Brasil actualmente. Normalmente se utiliza un generador de espuma al cual se le agregan algunos aditivos para luego bombear espuma directamente a la mezcla. Luego de intercambiar información se pudo obtener inicialmente un aditivo el cual se le agregara a cada batida como test para observar sus resultados.

6.4 PLANEACIÓN DE ACTIVIDADES

Como se describió anteriormente en el capítulo 4, los procesos logísticos dentro de Mármoles & Bloques son realizados de manera manual y sin un control claro, por lo mismo es importante identificar puntos críticos donde es esencial cuantificar para poder organizar mejor las actividades productivas de la empresa.

- Es indispensable determinar los niveles de inventario, tanto de materias primas como de productos terminados, para evitar quedar sin recursos en la

producción y ventas, y de ser así, planificar adecuadamente el reabastecimiento teniendo en cuenta los tiempos de respuesta de proveedores.

- A través del diseño de experimentos realizado en el capítulo 5 se cuantifico la mezcla adecuada para la empresa; teniendo conocimiento de las cantidades exactas para producir cualquier referencia de lavaderos y bases. Junto a esto, es posible desarrollar la explosión de materiales para los pedidos de clientes, y poder saber si los inventarios de materias primas poseen las suficientes cantidades para realizar la debida producción.
- El componente principal de un lavadero es su mezcla, pero una cuantificación exacta de su gasto y las perdidas en transporte de la misma, disminuyen la precisión de su desempeño, y esto afecta los comportamientos de los costos de producción; por lo mismo, es indispensable llevar a cabo una base de datos que permita crear una base histórica de costo y permita cuantificar mejor los gastos de la compañía en relación a lo que produce.

Identificando los puntos de interés mencionados, se busca el desarrollo de una herramienta que permita facilitar el cálculo de esta información, ágil y sencillo para los usuarios de la empresa, y que la suministre rápidamente para una pronto toma de decisiones. Mármoles & Bloques cuenta con un sistema de información Sotosoft, pero actualmente no funciona a plenitud, el cual se encuentra en proceso de mantenimiento y garantía. El empleado de la compañía a cargo usa el sistema únicamente para facturar; por dicha razón, se prefirió usar una plataforma común como Excel, de uso más sencillo y frecuente.

Las variables dentro del ejecutor serán los pedidos de clientes, por lo tanto, el ingreso de dicha información se realizara manualmente por parte del empleado encargado en las casillas ubicadas en la hoja de cálculo Pedidos de Clientes (*Anexo AC*). Existen variables para las diferentes referencias de lavaderos y de granito de venta directa en presentación de 38 kilogramos el bulto, definidos en colores como se presentó en el catálogo del capítulo 3.

Al introducir las cantidades de lavaderos que demandan los clientes, se debe observar en primera estancia si hay en inventarios dichas existencias; por lo tanto es necesarios construir un conjunto de variables donde se introduzca la información del número de lavaderos presentes en inventarios de productos terminados. Paralelo a esto, también se realiza este proceso para crear variables de insumos y materias primas, utilizados más adelante por esta herramienta.

Al igual que con los lavaderos, se debe realizar el mismo proceso de observar existencias con los bultos de granito para venta directa, siendo necesario también crear variables de inventarios para estas referencias de granito. Todas las variables mencionadas se ubicaran en la hoja de cálculo Inventarios (*Anexo AD*).
Para facilitar al usuario del programa advertencias de disminución considerable en los niveles de inventario, se implementó un sistema de colores en la hoja de cálculo Inventarios, donde las casillas cambian su color dependiendo del nivel en que se encuentre el producto de esa casilla (*Tabla 53*). Esto ayuda a visualizar con mayor facilidad en qué momento debería de gestionarse compras de insumos y materias primas.

Tabla 53 Niveles de Inventario

Nivel Inventario	Inferior	Estable	Superior
Color			

Al conocer las cantidades de lavaderos a disposición, se confrontan los datos de demanda junto con los de inventarios, suministrando una orden producción en dado caso los inventarios no logren cubrir todo la demanda; junto a esto se registra la fecha en que se gestiona esta información, para llevar un registro y control de cuando se generó la orden.. Este informe se encuentra en la hoja de cálculo Orden de Producción (*Anexo AE*).

Al tener conocimiento de cuantos lavaderos se deben realizar para cubrir el pedido, se procede a calcular las necesidades de materiales que tendrá la producción, lo que se conoce como explosión de materiales. Con la mezcla elegida por la gerencia en el proceso del diseño de experimentos en el este capítulo, se definen las necesidades de materias primas e insumos para cada lavadero según su referencia como se detalla en el *Anexo AF – Anexo AJ*.

De la misma manera que con esta referencia, se estipula la explosión de materiales para los demás lavaderos, almacenadas en los anexos. Con las cantidades a producir que se manifiestan en la orden de producción, se genera un informe con las cantidades exactas que se necesitan de materiales para producir dicho pedido de clientes, esto se puede observar en la hoja de cálculo Lista de Materiales (*Anexo AK*).

La herramienta prosigue a hacer con las materias primas e insumos la misma confrontación de datos que se realizó con los inventarios de producto terminado, para conocer si hay la necesidad de realizar pedidos de compras o los inventarios cubren todas las necesidades de la producción; de ser así se genera un informe de compras en la hoja de cálculo Orden de Compra (*Anexo AL*). También en esta sesión, se muestran si los inventarios cubren a totalidad pedidos de granito, las presentaciones que se venden directamente, si en dado caso no se logra cubrir, se presenta dichas cantidades faltantes en la misma hoja de cálculo.

Se realiza un cálculo promedio de cuánto dura en producción el pedido, los tiempos de cada operación se toman del yamazumi presentado en el capítulo 4, y se calculó cuánto dura el pedido en pasar por cada operación dentro del proceso, y realizando una prueba lógica, el ejecutor arroja el tiempo más extenso de todas las operaciones, siendo este el estimado que dura el pedido en realizarse a totalidad. Se observa a su vez cuanta capacidad absorbe dicha demanda, y este dato es expresado en tiempo, el cual también se compara con los de producción

para conocer si el tiempo estimado lo define la capacidad o el tiempo de las operaciones. Esta información está presente en la hoja de cálculo Capacidad (*Anexo AM*).

Finalmente se presenta toda la información relevante del ejecutor en la hoja de cálculo Informe (*Anexo AN*), allí se encuentra los datos más relevantes o a tener en cuenta al momento de la toma de decisiones.

Todo negocio, consiste básicamente en satisfacer necesidades y deseos del cliente vendiéndole un producto o servicio por más dinero de lo que **cuesta** fabricarlo. La ventaja que se obtiene con el precio, se utiliza para cubrir los **costos** y para obtener una **utilidad**.

En Mármoles y Bloques se sabe que al elaborar más lavaderos, el costo por lavadero disminuye; hecho que no está solo sujeto a la cantidad de lavaderos sino al tipo de materia prima que se le agregue a la batida la cual posee variaciones en el precio, ejemplo de ello es la referencia de grano que se le agregue o la marmolina, ya que en ocasiones esta es extraída de la trituradora directamente cuando se muele en la empresa o se compra, existiendo diferencia de precio entre ellas.

Debido a todas estas variantes que repercuten directamente en el costo de producción, uno de los datos de interés planteados por la compañía era el poder conocer el costo de producción diariamente por lavadero. En el diseño de experimentos en este capítulo se mencionó el costo solo teniendo en cuenta las materias primas. En la hoja de cálculo costo de lavadero (*Anexo AO*), se detalló todos los costos necesarios para producir un lavadero como materias primas, mano de obra, costos indirectos de fabricación (CIF), gastos de administración y ventas; la suma de estos vendrían siendo los costos fijos de la producción, que se suman al costo de materias primas utilizado en el día, que vendrían siendo los

costos variables de la compañía, que están ligados al tipo de materia prima, al número de batidas y a la cantidad de lavaderos fabricados por referencia, los cuales se convierten en las variables de entrada de la hoja de cálculo, obteniendo el costo por referencia de lavadero, el costo de las bases y el costo de los lavaderos.

6.5 REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA

A continuación en la *Ilustración 6* se presenta el plano con la distribución de planta inicial y el flujo de operación necesario para la producción de lavaderos.

El flujo se determinó de centroide a centroide entre los centros de trabajo debido a la ausencia de limitaciones entre ellas.

Las decisiones relativas a la distribución entrañan determinar donde se colocaran las estaciones de trabajo y los puntos donde se guardan las existencias dentro de la instalación productiva. El objetivo es ordenar estos elementos de manera que se garantice el flujo continuo del trabajo. En general, los elementos que intervienen en la decisión de la distribución son:

1. Especificación de los objetivos y los criterios que se aplicaran para evaluar el diseño. Dos criterios básicos de uso común son la cantidad de espacio que se requiere y la distancia que se debe recorrer entre los elementos de la distribución.
2. Espacio que se necesitara para los elementos de la distribución.
3. Disponibilidad de espacio dentro de la instalación misma, teniendo en cuenta las restricciones y costos que la producción requiera para su funcionamiento.

Los formatos básicos de la distribución para la producción tienen como patrón general el flujo de trabajo para ordenar los departamentos de una instalación. Se

tienen tres tipos básicos de formatos (el centro de trabajo, la línea de ensamble y la distribución por proyecto) y uno hibrido (la celda de manufactura).

Para el flujo de trabajo de Mármoles & Bloques (flujo de trabajo lineal), el formato que se ajusta a sus necesidades es el de centro de trabajo (también llamado taller de trabajo o distribución por funciones), donde se agrupa funciones o equipamientos similares, como todos los moldes en un área y todas las pulidoras en otra. A continuación, la pieza que se está trabajando avanza, en una secuencia preestablecida de operaciones, de un área a otra, donde se encuentran las máquinas necesarias para cada operación.

Pero como la planta física actual de Mármoles & Bloques tiene una trayectoria de aproximadamente 3 años, han modificado y acomodado de acuerdo a la necesidad de cada operación las instalaciones, como por ejemplo, un tanque subterráneo donde se recolecta el agua la cual es bombeada para ser reutilizada necesaria para la operación de pulido, entre otras cosas que crean limitaciones de espacio y dependencia de las mismas operaciones.

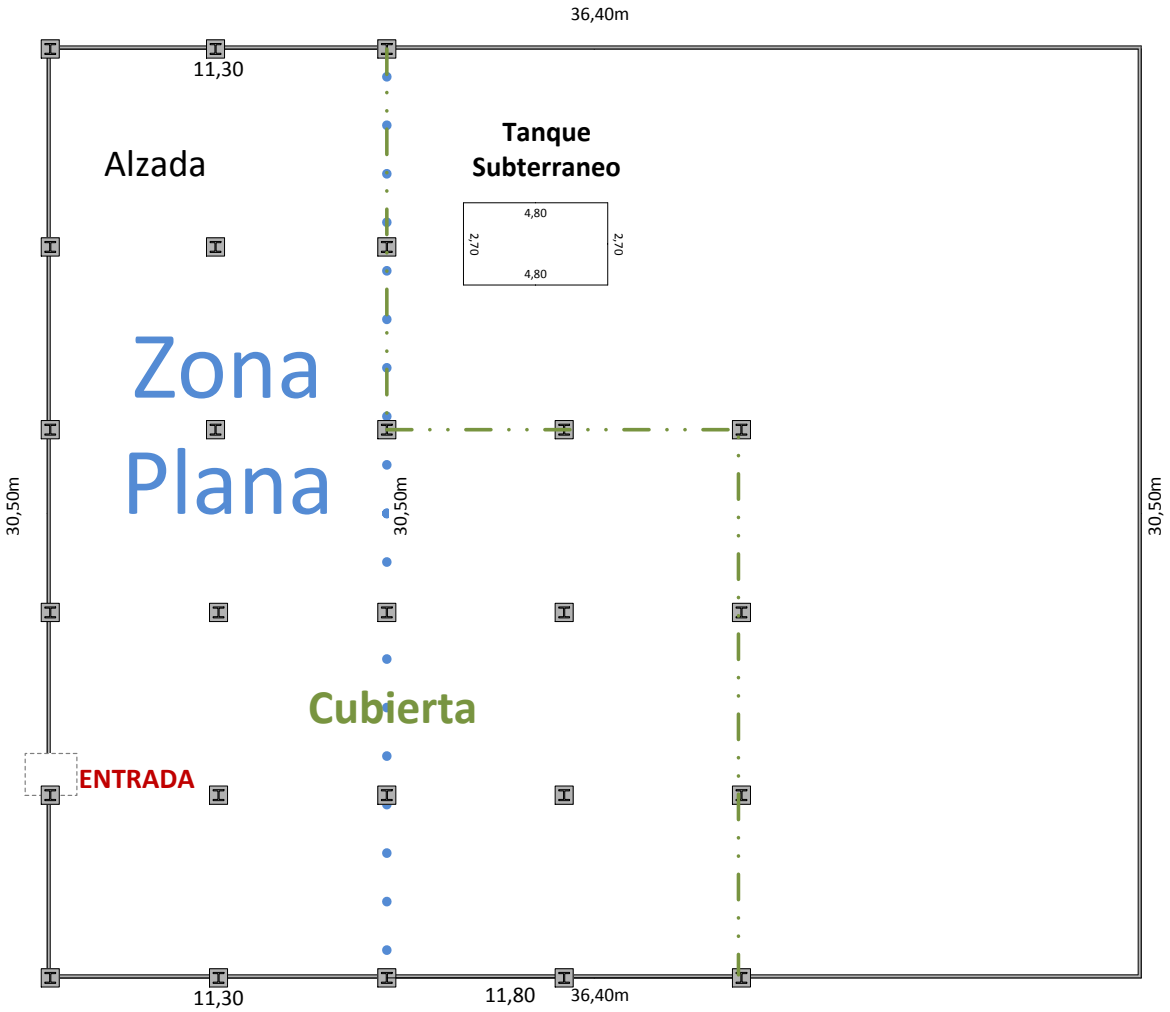
Las limitantes de espacio, importantes en los requerimientos de cada centro de trabajo, fueron representados gráficamente para tener una idea más clara de los mismos (*Ilustración 12*).

Cada centro de trabajo, según sus requerimientos para llevar a cabo sus operaciones, necesita ciertas características de espacio como:

1. ***Área de Moldeo:*** Por el diseño de los moldes, es necesario fundir el lavadero en una superficie plana, para que al momento de verter la mezcla en los moldes estos llenen uniformemente. Además de que se debe estar bajo techo, para que la producción no se vea afectada por los cambios climáticos.

2. ***Área de Fraguado:*** Una vez se retira el lavadero del molde, no se debe dejar a la intemperie, ya que el sol y el agua mancharía y deterioraría el lavadero. Pero durante el proceso de fraguado, el concreto adquiere mayor resistencia y dureza si se mantiene en un ambiente húmedo. Una de las propuestas planteadas, es hacer que el lavadero adquiera agua, por lo tanto el lugar donde deben ser ubicados debe estar en condiciones de recolectar el agua de tal manera que no afecte el resto de las operaciones.
3. ***Área de Pulido:*** La operación de pulido requiere agua; cada operario toma su pulidora y su manguera al momento de pulir, por lo tanto dicha operación necesita un desagüe donde se pueda recolectar el agua y a su vez ser reutilizada.
4. ***Área de Empaque:*** para facilitar el cargue de los lavaderos a los camiones, evitar que se partan y el esfuerzo sea menor, es conveniente que estos estén a nivel del camión y no a nivel del piso, de tal manera que el lavadero no se tenga que alzar si no se pueda transportar con la carretilla.

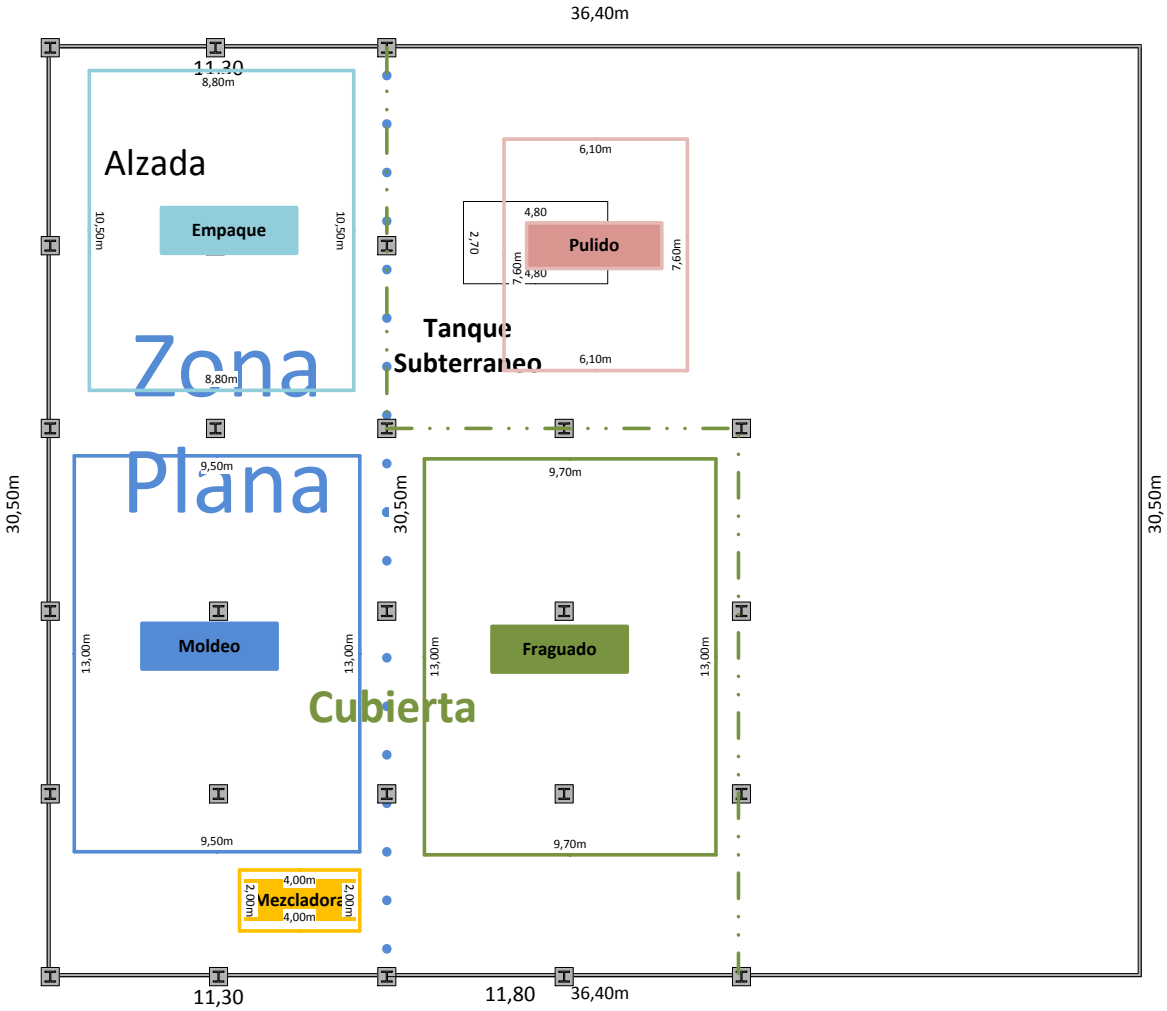
Ilustración 12 Limitaciones de Espacio



Teniendo en cuenta las limitaciones de la planta y los requerimientos de cada centro de trabajo, se re-considera la distribución de las áreas, siempre con el fin de encontrar la eficiencia del proceso. La distribución propuesta se presenta en la *Ilustración 13*, con la cual no se altera la calificación de adyacencia obtenida anteriormente y se satisface las necesidades de cada área; el *área de moldeo* en una zona plana y cubierta, el *área de fraguado* en un lugar cubierto y cerca del tanque subterráneo para el desagüe al igual que el *área de pulido* y el *área de empaque* en la alzada de la planta para mayor facilidad en el cargue. Vale la pena

resaltar que la superficie de cada área de trabajo se fue ajustando a medida que se iba implementando el rediseño de la planta.

Ilustración 13 Propuesta de Distribución

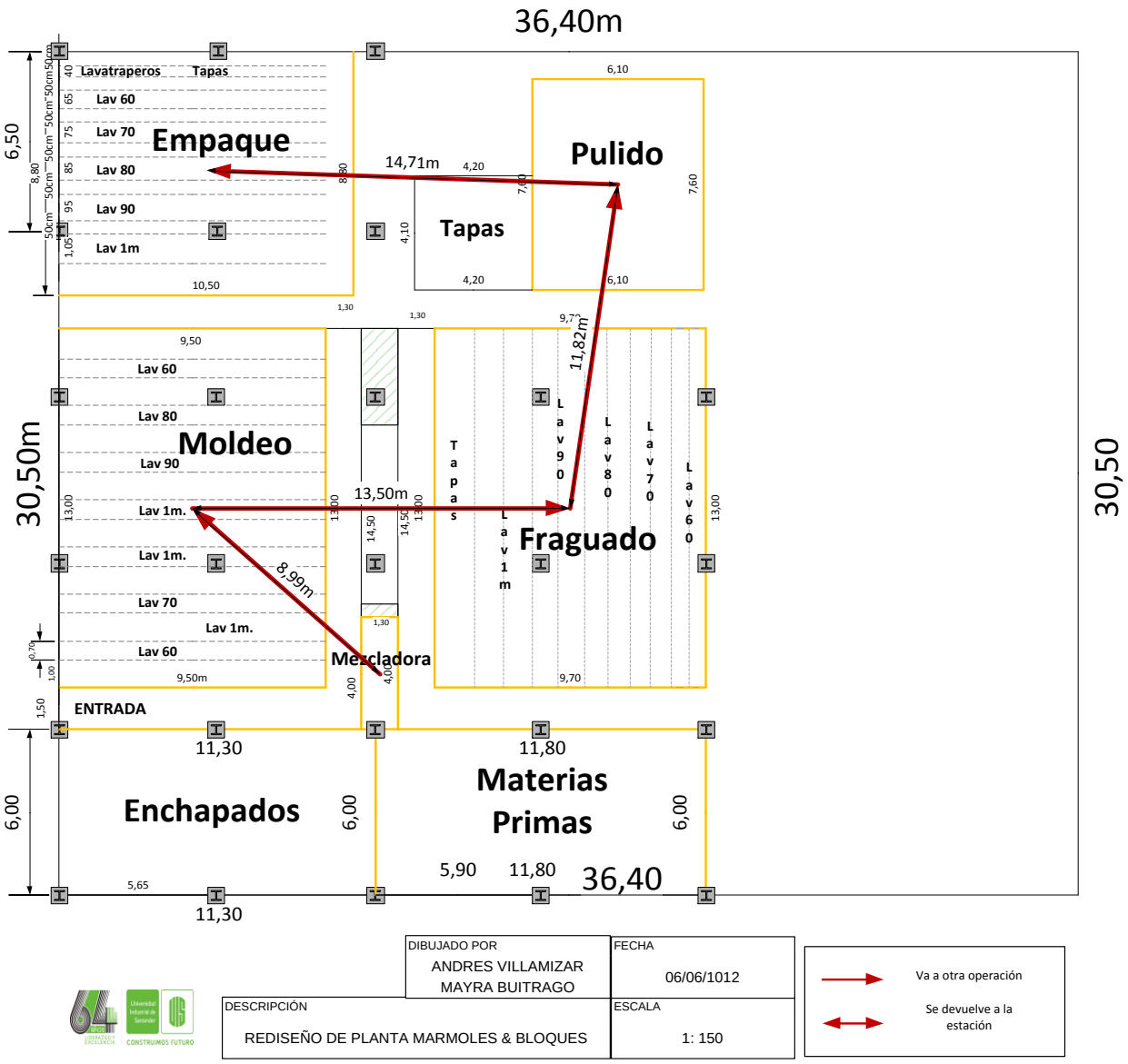


Se tuvo en cuenta al momento de ir adecuando los espacios para las áreas de trabajo, pasillos, demarcaciones y aspectos especiales de interés de la empresa como la elaboración de lavaderos enchapados los cuales se encontraban en un extremo de la empresa donde presentaba inconvenientes como el cargue de los mismo y el control del proceso ya que las oficinas están ubicadas en el extremo opuesto a ellos, además de que los clientes que visitan directamente la fábrica debían atravesarla para poder ver un lavadero enchapado.

Finalmente la distribución quedo como lo muestra la *Ilustración 14*, con áreas demarcadas y definidas según sus necesidades, y la manera como se debe ubicar el producto en el espacio demarcado.

La primera característica del rediseño que vale la pena resaltar son las áreas de enchapados y granito, las cuales se ubicaron por razones específicas. Los enchapados, como ya se mencionó anteriormente se ubicaron cerca de la entrada para que la administración pudiese tener mayor control sobre esta área ya que las oficinas están enfrente de la entrada, además de que el cliente que se acerca a las instalaciones a comprar lavaderos enchapados no tenga que atravesar la planta para poder observarlo. El granito, inicialmente no tenía un lugar específico, una vez que llegaba el pedido se arrumaba a la intemperie ya que los bultos se ubicaban en la parte no cubierta de la empresa al igual que los que la empresa tritura; en el rediseño se le asignó un lugar al granito no solo para protegerlo del medio ambiente sino para que las materias primas estuviesen más cerca al momento de elaborar la mezcla (mezcladora), y así evitar recorridos y búsquedas de este.

Ilustración 14 Rediseño de Planta



Ahora, para cada área se le asignó una distribución de tal manera que facilite la movilidad y reduzca los esfuerzos en cada una de las operaciones. El área de moldeo como se puede observar en la *Ilustración 14*, los lavaderos de 60 se ubican a los extremos ya que son los de menor peso y al estar ubicados en los extremos requiere mayor recorrido para transportarlos al área siguiente es decir al área de fraguado en la cual se le asignó la última fila por la misma razón, minimizar el esfuerzo en mayor recorrido. Siendo consecuentes, los lavaderos de

metro, que son los más pesados, en área de moldeo se ubicaron en el centro (enfrente de la rampa) para luego ser transportados a la primera fila del área de fraguado.

La orientación de las filas se asignó: en el área de moldeo, de derecha a izquierda ya que el proceso siguiente se encuentra a su derecha, además de que la rampa que comunica los dos procesos también está a la derecha; en el área de fraguado, se asignó de arriba hacia abajo ya que el proceso siguiente (área de pulido) está ubicado en la parte de arriba, además de que esta distribución nos facilita la búsqueda de lavaderos que se puedan pulir, es decir que tengan el suficiente tiempo de fraguado, al estar ubicados de arriba hacia abajo, los lavaderos que van a estar a disposición para pulir son los de la parte de arriba ya que los que van entrando son los más frescos y finalmente en el área de empaque se ubican de izquierda a derecha listos para cargar (*anexo AP)*.

6.6 DOCUMENTACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS

6.6.1 Estandarización. La mejor forma de llevar a cabo un trabajo puede venir en forma de procedimientos, o reglas, o normas, o instrucciones, o políticas; en definitiva es algo en lo que se puede (y de hecho se debe) fijar. Se entiende que si los procesos siguen el estándar los resultados serán los mejores que se puedan obtener.

Por esta razón se crearon formatos a los que se les denomino MES (Manufactura Estándar) para cada una de las operaciones necesarias en la elaboración de un lavadero, donde se detallan las actividades a realizar, describiendo la operación y puntualizando acciones relevantes que aseguran la calidad del lavadero. En los *Anexo AQ – Anexo AW* se muestra la estructura del Formato MES para cada una de las operaciones. Cabe resaltar que el léxico utilizado en los formatos se

procuró fuese lo más básico y explicito para la comprensión de cualquier operario en la fábrica, de esta manera un operario esta es disposición de realizar cualquier actividad siguiendo los pasos establecidos en los MES.

6.6.2 Gestión Visual. El peor tipo de despilfarro es aquel que se es incapaz de reconocer; es por eso que se considera la gestión visual una herramienta importante en la eliminación del desperdicio en una empresa, ya que además de otorgar seguridad a los operarios, hace notorio el desorden el cual hace menos eficiente el proceso.

De acuerdo con la demarcación dada en el rediseño de planta se demarcaron las áreas de trabajo y las filas que marcan el flujo del proceso, además de referenciarlas por su nombre y referencia respectivamente. En el *Anexo AX* se presentan fotografías de las áreas de trabajo en la fábrica.

6.6.3 5's. Durante el desarrollo del proyecto en Mármoles y Bloques se llevaron a cabo reuniones de socialización tanto con los empleados como con los directivos, donde se daba a conocer paso a paso cada una de las herramientas y técnicas llevadas a cabo en la empresa. Se consideró de relevancia la participación de todas las personas pertenecientes a la compañía ya que finalmente ellos son los que mejor conocen el proceso y por lo tanto sus recomendaciones fueron claves en el diseño y acierto de cada mejora. Se hizo jornadas de trabajo donde en primer lugar se dio a conocer la técnica de las 5's a profundidad, dejando claro cada uno de sus procesos y luego en cada centro de trabajo se puso en práctica lo aprendido. Estas jornadas se empezaron a llevar con una periodicidad de una vez por mes para eliminar las cosas innecesarias dentro de la compañía.

7. EVALUACIÓN DE LAS IMPLEMENTACIONES

7.1 VSM

Se diagrama nuevamente el flujo de actividades a través de la herramienta *VSM* dentro de la compañía evaluando paso a paso el instructivo de la herramienta.

1. *Se identifica las necesidades de los clientes y determina la demanda a evaluar.*

La nueva evaluación que se realiza en este capítulo no comprende los mismo periodos de tiempo que se evaluó anteriormente, es preciso recalcular la demanda promedio de lavaderos, y para este caso preciso, como se mencionó en el capítulo 4, el valor de demanda es el valor de la ventas promedio mensuales para el estudio en Mármoles & Bloques (*Tabla 54*); estos periodos son de analizar debido a que a partir de Julio, están implementadas diversas propuestas de mejoramiento, permitiendo analizar el impacto que tuvieron.

Tabla 54 Promedio Demanda Evaluada

MES	LAV. 100 cm	LAV. 90 cm	LAV. 80 cm	LAV. 70 cm	LAV. 60 cm	TOTAL
07/12	219	72	94	69	183	637
08/12	204	80	104	62	215	665
09/12	214	97	100	73	167	651
					PROMEDIO	**651**

2. *Se identifican las operaciones del proceso productivo, incluyendo entre ellas los puntos de inventario.*

El número de operaciones a identificar es mayor comparado a las mencionadas en el VMS del diagnóstico inicial (*Anexo D* VSM Mármoles y Bloques (Situación inicial)**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), las cuales son:

- ✓ Mezclado
- ✓ Moldeo
- ✓ Retiro del Molde
- ✓ Pulido Destronque
- ✓ Pulido Fino
- ✓ Re-tapado
- ✓ Refinado
- ✓ Empaque

3. *Se identifican los proveedores y se determina el flujo de materiales.*

A diferencia de las operaciones, no hubo cambio en los proveedores de materias primas, ni en el flujo de información dentro de la compañía, manteniendo los datos presentados en la *Tabla 3* del capítulo 4.

4. *Se elaboran un análisis del flujo de información dentro de toda la cadena de suministro.*

Las especificaciones de la forma en que se dan los pedidos tanto de los proveedores como de los clientes se mantienen igual en la compañía.

5. *Se realiza el diagrama que representa toda la información recopilada y representa la situación evaluada después de implementaciones del sistema.*

Finalmente se elabora el diagrama del VSM de la compañía luego de las mejoras implementadas utilizando la simbología y los parámetros exigidos por la técnica (*Anexo AY*).

6. *En las operaciones se establecen el tiempo de ciclo y en cada inventario su tiempo respectivo, para así poder determinar el lead time.*

Los tiempos de ciclo se obtuvieron, de igual manera que en el diagnóstico, del Yamazumi (técnica mencionada posteriormente) por medio de filmaciones hechas después de puestas en marcha todas las mejoras, los cuales se determinaron por operaciones. Los tiempos de ciclo más el tiempo de los inventarios se obtiene el Lead time el cual dio como resultado ***3.91 días***, este tiempo es el que transcurre desde que se inicia el proceso de producción hasta que se entrega al cliente, es decir, es el tiempo necesario para obtener una unidad de lavadero.

Luego de aplicar dicha técnica, se puede observar que el Lead Time se logró reducir *2.18 días*, es decir, Mármoles & Bloques puede entregar un lavadero *3.9 días* después de que el cliente haga el pedido. Este es el resultado de la reducción de tiempos lograda en cada centro de trabajo (la cual se explicara con detalle en el Yamazumi) y a la drástica reducción de tiempo de inventarios.

El proceso de fraguado se agilizo dos días, debido a la mezcla diseñada y evaluada para la compañía junto con la implementación de hidratación constante a los lavaderos en dicho proceso por medio de un sistema de riego por aspersión instalado en la cubierta del área de fraguado; esto reduce el tiempo de espera entre las operaciones de Retiro de Molde y Pulido además de aumentar la rotación en el área de fraguado es decir se redujo el inventario de lavaderos en el secado demandando también menos espacio para el almacenamiento. El inventario entre el pulido y el retapado se eliminó debido a la distribución que se le dio al flujo de las actividades, restando al Lead Time *3.5 horas.*

La reducción del tiempo se presenta detallada en el Yamazumi como ya se mencionó anteriormente, describiendo y mostrando resultados de las mejoras implementadas.

7.2 Yamazumi

1. *Identificar las operaciones del proceso productivo.*

Esta parte se realizó previamente en el VSM.

2. *Tomar una muestra de tiempos de cada operación o centro de trabajo.*

Se realizaron filmaciones durante varios días, sobre las acciones que ejecutaban los operarios siguiendo el ciclo de producción del lavadero luego de puesta en marcha las mejoras (*Anexo AZ – Anexo BG)*.

3. *Definir las actividades que se realizan en cada operación.*

Luego de tener las filmaciones se prosiguió a observar y a determinar las actividades que se ejecutan en cada operación.

4. *Llenar la hoja de toma de tiempos de las actividades de trabajo.*

De la filmación se determina la descripción de la actividad, siguiendo la misma metodología del diagnóstico para finalmente agrupar las actividades repetitivas durante la operación (*Tabla 55-Tabla 57*).

Tabla 55 Toma de Tiempo Mezclado

Actividad	Tiempo (segundos)			
	Manual	Movimiento	Maquina	Tprom
Cargar agua	x			20
Despl. MP		x		73
Carga MP	x			79
Encender maq	x			19
ciclo de maquina			x	226
Manip y Revi	x			95
Despl carro		x		18
Vierte mezcla	x			17
			Total	547

Tabla 56 Toma de Tiempo Moldeo

Actividad	Tiempo (segundos)			
	Manual	Movimiento	Maquina	Tprom
Despl.		x		15,5
Acomodar perfil	x			29,5
Acomodar tubo	x			11,5
vierte mezcla	x			81
Introducir jabonera	x			26
Arreglo mezcla	x			46
			Total	209,5

Tabla 57 Toma de Tiempo Retiro de molde

Actividad	Tiempo (segundos)			
	Manual	Movimiento	Maquina	Tprom
Giran molde		x		22
Retirar marco	x			6
Desplazamiento		x		17
Ubicar extractor	x			81
Retirar refregadero	x			54
Retirar tanque	x			31,5
Retirar jabonera	x			23,5
Retirar contornos	x			31
			Total	266

Tabla 58 Toma de Tiempo Pulido destronque

Actividad	Tiempo (segundos)			
	Manual	Movimiento	Maquina	Tprom
Preparación y lavadero.		x		55
Pulido	x			399
Transporte lavadero		x		45
Revisión	x			18
Reacomodo		x		67
			Total	584

Tabla 59 Toma de Tiempo Pulido fino

Actividad	Tiempo (segundos)			
	Manual	Movimiento	Maquina	Tprom
Pulido fino	x			369
Reacomodo		x		45
Control y lavado	x			87
Transportar lavadero		x		26
			Total	527

Tabla 60 Toma de Tiempo Retapado

Actividad	**Tiempo (segundos)**			
	Manual	**Movimiento**	**Maquina**	**Tprom**
Preparar mezcla	x			104
Retapar	x			813
Reacomodar		x		18
Poner valvulas	x			90
Ubicar lavadero		x		15
			Total	1040

Tabla 56 Toma de Tiempo Reafinado

Actividad	**Tiempo (segundos)**			
	Manual	**Movimiento**	**Maquina**	**Tprom**
Transportar lavadero		x		42
Pulido	x			583
Reacomodar		x		59
Revisar y lavar	x			57
			total	741

Tabla 57 Toma de Tiempo Empaque

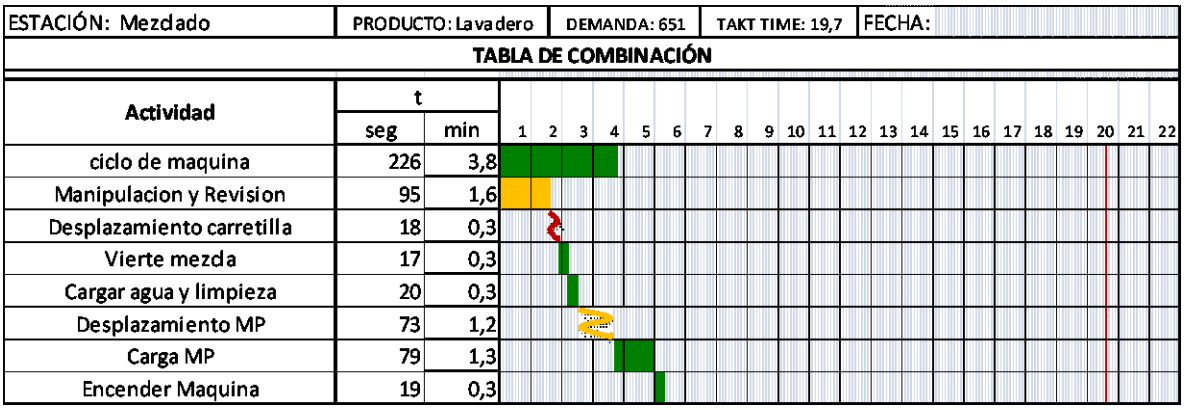
Actividad	Tiempo (segundos)			
	Manual	Movimiento	Maquina	Tprom
Buscar Material o herramienta		x		112
Preparar mezcla	x			85
Aplicar mezcla	x			53
Insertar rejilla	x			113
Lijado de perfil	x			115
Arreglos	x			73
Colocar zuncho	x			84
Colocar cartón	x			109
Aplicar impermeabilizante	x			62
			Total	806

5. *Clasificar la actividad en:*

- Agrega Valor (color verde).
- No agrega Valor pero es necesaria/Mediciones y verificaciones (color amarillo).
- No agrega Valor/Desperdicios (color Rojo).

6. *Realizar la tabla de combinación.*(*Figura 16-Figura 21*)

Figura 16 Tabla de Combinación Mezclado



ESTACIÓN: Mezclado	PRODUCTO: Lavadero	DEMANDA: 651	TAKT TIME: 19,7	FECHA:

TABLA DE COMBINACIÓN

Actividad	t seg	t min
ciclo de maquina	226	3,8
Manipulacion y Revision	95	1,6
Desplazamiento carretilla	18	0,3
Vierte mezcla	17	0,3
Cargar agua y limpieza	20	0,3
Desplazamiento MP	73	1,2
Carga MP	79	1,3
Encender Maquina	19	0,3

Figura 17 Tabla de Combinación Moldeo

ESTACIÓN: Moldeo	PRODUCTO: Lavadero	DEMANDA: 651	TAKT TIME: 19,7	FECHA:

TABLA DE COMBINACIÓN

Actividad	t seg	t min
Vierte mezcla	81	1,4
Introducir Jabonera	26	0,4
Arreglo de mezcla	46	0,8
Desplazamiento	15,5	0,3
Acomodar Perfil	29,5	0,5
Acomodar Tubo	11,5	0,2

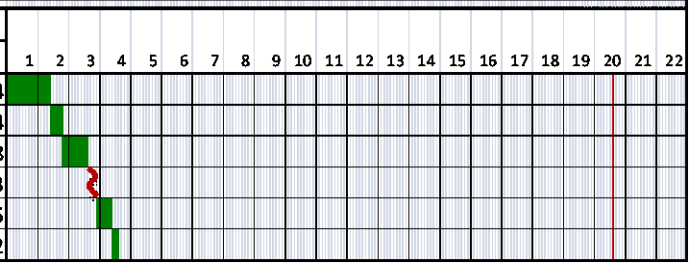


Figura 17 Tabla de Combinación Retiro del Molde

ESTACIÓN: Retiro del Molde	PRODUCTO: Lavadero	DEMANDA: 651	TAKT TIME: 19,7	FECHA:

TABLA DE COMBINACIÓN

Actividad	t seg	t min
Ubicar extractor	81,0	1,4
Retirar Refregadero	54,0	0,9
Retirar Tanque	31,5	0,5
Retirar Jabonera	23,5	0,4
Retirar contornos	31,0	0,5
Girar molde	22,0	0,4
Retirar Marco	6,0	0,1
Desplazamiento	17,0	0,3

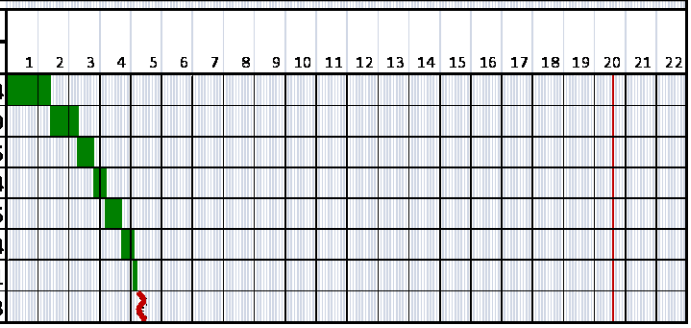


Figura 19 Tabla de Combinación Pulido Destronque

ESTACIÓN: Pulido Destronque	PRODUCTO: Lavadero	DEMANDA: 651	TAKT TIME: 19,7	FECHA:

TABLA DE COMBINACIÓN

Actividad	t seg	t min
Pulido	399	6,7
Transportar lavadero	45	0,8
Revision	18	0,3
Reacomodos	67	1,1
Preparacion y Transporte lavadero	55	0,9

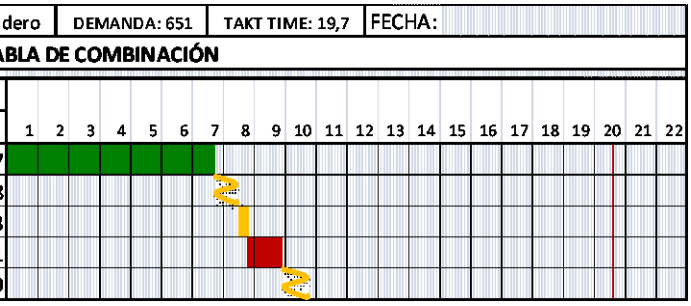


Figura 18Tabla de Combinación Pulido Fino

ESTACIÓN: Pulido Fino	PRODUCTO: Lavadero	DEMANDA: 651	TAKT TIME: 19,7	FECHA:

TABLA DE COMBINACIÓN

Actividad	t seg	t min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Pulido	369	6,2																						
Reacomodos	45	0,8																						
Control y lavado	87	1,5																						
Transportar lavadero	26	0,4																						

Figura 19 Tabla de Combinación Retapado

ESTACIÓN: Retapado	PRODUCTO: Lavadero	DEMANDA: 651	TAKT TIME: 19,7	FECHA:

TABLA DE COMBINACIÓN

Actividad	t seg	t min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Retapado	813	13,6																						
Reacomodar	18	0,3																						
Insertar rejilla	90	1,5																						
Ubicar lavadero	15	0,3																						
Preparar mezda	104	1,7																						

Figura 20 Tabla de Combinación Reafinado

ESTACIÓN: Refinado	PRODUCTO: Lavadero	DEMANDA: 651	TAKT TIME: 19,7	FECHA:

TABLA DE COMBINACIÓN

Actividad	t seg	t min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Pulido	583	9,7																						
Reacomodar	59	1,0																						
Revisar y lavar	57	1,0																						
Transportar lavadero	42	0,7																						

Figura 21 Tabla de Combinación Empaque

ESTACIÓN: Empaque	PRODUCTO: Lavadero	DEMANDA: 651	TAKT TIME: 19,7	FECHA:

TABLA DE COMBINACIÓN

Actividad	t		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	seg	min																						
Lijado de Perfil	115	1,9																						
Arreglo	73	1,2																						
Colocar zuncho	84	1,4																						
Colocar carton	109	1,8																						
Aplicar impermeabilizante	62	1,0																						
Buscar Material o herramienta	112	1,9																						
Preparar mezcla	85	1,4																						
Aplicar mezcla	53	0,9																						
Insertar Rejilla	113	1,9																						

7. *Llenar las barras del Yamazumi (Apilar).*(*Anexo BH*)

Mármoles & Bloques, a través del proyecto realizado tubo un cambio en las ventas mensuales, debido a que su producción aumento, su promedio de lavaderos vendidos ascendió, y juntos a este valor cambia el parámetro de Takt Time manejado inicialmente en el Yamazumi implementado al inicio del libro en el capitulo

El tiempo disponible de la empresa se mantiene constante al utilizado inicialmente, debido a que no se desarrollaron políticas nuevas en términos de jornadas laborales.

$$\boldsymbol{Tiempo\ Disponible = 9horas * 22dias + 4horas * 4dias}$$

$$\boldsymbol{Tiempo\ Disponible = 214\ horas\ al\ mes = 12840\ min}$$

Junto con las nuevas ventas de la compañía se obtiene el nuevo Takt Time:

$$\boldsymbol{Takt\ Time = \frac{Tiempo\ Disponible}{Unidades\ vendidas}}$$

$$Takt\ Time = \frac{12840\ min}{651\ unid} = 19.72\ \frac{min}{unid}$$

Esto evidencia un ritmo de producción más acelerado, es decir, inicialmente la empresa sacaba un lavadero cada 23,6 min, ahora se obtiene en 19.72 min, esto debido a la reducción de tiempos mencionados a continuación por cada centro de trabajo (*Tabla 58*),

Tabla 58 Comparación T/C por Operaciones

Antes		Ahora	
Operación	T/C	T/C	Operación
Mezclado	767,5	547	Mezclado
Moldeo	468	209,5	Moldeo
Retiro de Molde	615,5	266	Retiro de Molde
Pulido	1551	584	Pulido Destronque
		527	Pulido Fino
Retapado	1262	1040	Retapado
Reafinado	893	741	Reafinado
Empaque	1228	806	Empaque
Total	**6785**	**4938,5**	**Total**

En la operación de mezclado se eliminaron actividades como el desplazamiento de materias primas ya que la distribución implementada asigno un lugar para estas cerca al área asignada para la mezcladora, además de eliminar la actividad de cargue y revisión dado que la dosificación para las batidas se estandarizo, de tal manera que el operario no debe revisar la apariencia de la mezcla. La reducción

en la operación de *moldeo* se obtuvo con el rediseño del molde, ya que la manera de fundir (verter mezcla) elimino el arreglo de orillos que demandaba tiempo considerable de los operarios. Además de reducir el volumen de mezcla por lavadero (*Tabla 59*) y eliminando las perdidas por fugas de la misma.

Tabla 59 Comparación Molde en Volumen

Referencias		60	70	80	90	100
Volumen cm^3	**Antiguos**	65310	74241	80420	88644	96944
	Nuevos	47183	52521	57592	61603	66941

Una vez se empieza a secar el lavadero se inicia con la operación de *Retiro de Molde* en la que nuevamente aparece el arreglo de orillos y en esta se debe hacer arreglos constantes al lavadero como humedecerlos para así poder manipular mejor la mezcla y hacer los arreglos pertinentes al lavadero; con el molde implementado solo se debe girar y retirar las partes del lavadero para luego pasarlo al área de fraguado.

El enfoque en serie dado a la distribución de actividades en la operación de *pulido*, elimino el tiempo destinado a la preparación de la herramienta, haciendo uso de la misma fuerza de trabajo pero asignándole a cada uno actividades a llevar a cabo de tal manera que el lavadero culmine su proceso de pulido. Dicho proceso se distribuyó en dos operaciones: pulido destronque y pulido fino; inicialmente para este proceso se tenían 3 operarios los cuales hacían el proceso de retapado luego de culminar la pulida; ahora se asignó un operario para el pulido destronque, otro para el pulido fino y el operario restante retapa inmediatamente el lavadero sale de los dos procesos de pulido. Como se puede observar en el *Anexo HHH* Apilamiento Yamazumi (Nuevo) al hacer dicha distribución en las actividades, elemento restrictivo de capacidad en la compañía ahora sería el *Retapado*, operación en la que hubo también una reducción en su tiempo de ciclo debido en primer lugar a la ausencia del arreglo de orillos en esta operación gracias al nuevo diseño y en segundo lugar

el diseño de la mezcla ya que esta hace que el lavadero sea más compacto y el proceso de pulido ocasione menos porosidad en el mismo.

Las razones anteriormente mencionadas repercuten también en el proceso de *Reafinado* haciendo que este tome menos tiempo en su operación, ya que el lavadero queda con menos resanes del retapado haciendo que las actividades tomen menos tiempo.

Por último, el lavadero llega a la operación de *empaque*, donde se eliminó del proceso, insertar el tubo, ya que este viene fundido con el lavadero en el nuevo diseño, además de disminuir el tiempo en arreglos debido a la dureza del lavadero haciéndolo compacto.

En el desarrollo del diseño de experimentos capitulo se mencionó una tecnología del concreto llamada *concreto celular*, la cual se llevó a cabo en la producción de Mármoles y Bloques. Como ya se había mencionado anteriormente el concreto celular es una reducción en la densidad del mismo. Luego de adquirido el aditivo los pasos a seguir fueron:

1. Tomar 250 ml de aditivo espumante y verterlo en 1 Lt de agua.
2. Batir la solución por medio de un taladro hasta lograr un recipiente de 20 Lt de espuma.
3. Luego se mezcla con la batida en el trompo mezclador.
4. Para obtener el calcula de las densidades se pesa 1 Lt de mezcla sin espuma y 1 Lt de mezcla con la espuma obteniendo lo siguiente:

$$Densidad = \frac{Peso}{Volumen}$$

$$Densidad_1 = \frac{2465\ gr}{1\ Lt} = 2465\ \ Kg\ \ m^3$$

$$Densidad_2 = \frac{2087\ gr}{1\ Lt} = 2087\ \ Kg\ \ m^3$$

Se obtuvo una disminución de la densidad en un 15 % aproximadamente, esto quiere decir, que el peso disminuyo con respecto al volumen de mezcla con el aditivo espumante. Luego de obtener el lavadero y de pasar por cada uno de sus procesos hasta llegar al empaque se procedió a pesar los lavaderos obteniendo los resultados dados en la*Tabla 60*.

Tabla 60 Relación en Peso de los lavaderos

Lavadero	Kg		
	Existentes	**Nuevo Diseño**	**Con Aditivo**
60*60	99	90	68
70*60	104	100	76
80*60	120	110	83
90*60	124	111	94
100*60	135	125	104

En la *Tabla 60* podemos observar la disminución en peso de la diferencia en el volumen de los moldes existentes en Mármoles y Bloques y los diseñados durante el proyecto, además de la disminución drástica adquirida con el aditivo espumante, el cual ofrece ventajas a la compañía como ya se había mencionado antes, en la facilidad y costo para el transporte, logrando transportar mayor cantidad de lavaderos la cual está limitada a la capacidad de cargue que tenga el vehículo además de disminuir el costo por lavadero ya que se logra mayor volumen por batida; esta información es calculada mediante la *Anexo OO Hoja de Cálculo Costo por Lavadero*, en la que se compara la elaboración de lavaderos de un día de producción (*Tabla*), con respecto a las batidas y a la cantidad de lavaderos obtenidos. Se logra concluir que con el aditivo se logra obtener las misma cantidad de lavaderos pero realizando menos batidas para ello, es decir se aumenta el

volumen por batida disminuyendo el costo por lavadero (para este caso solo se compara con una referencia).

Tabla 66 Comparación Costo (Aditivo)

	Total Batidas	Total lavaderos	Costo lavadero (1 mt)
Sin aditivo	13	32	77.746
Con aditivo	12	32	73.660

Actualmente la compañía cuenta con más espacio gracias a la distribución de planta realizada, donde la capacidad instalada de la compañía se logró reducir $313.53\ m^2$, asignando a cada área un espacio de acuerdo a sus requerimientos (*Tabla*).

Tabla 67 Nueva Capacidad instalada

	Área m^2
Capacidad Total	**1110.2**
Fraguado	126.1
Moldeo	123.5
Mezclado	8
Pulido	46.36
Empaque	92.4
Lavaderos enchapados	67.8
Granito	70.8
Varios (tapas)	17.22
Capacidad instalada	**552.18**

Además de disminuir la distancia recorrida del lavadero durante el proceso pasando de 88,783 metros a 49,02 metros lograda con el Rediseño de planta y calculado de igual manera que en la distribución inicial de centroide a centroide de cada centro de trabajo (*Tabla*).

Tabla 68 Distancia Recorrida (Nuevo)

OPERACIÓN	DISTANCIA (METROS)
Mezclado - Moldeo	8,99
Moldeo - Fraguado	13,5
Fraguado - Pulido	11,82
Pulido – Empaque	14,71
TOTAL	**49,02**

Por último, se da a conocer el costo de inversión que se presentó para implementar las diferentes mejoras durante el periodo de desarrollo del proyecto (*Anexo BI*).

7.3 INDICADORES DE LOS PROCESOS LOGÍSTICOS

Al igual que se desarrolló un nuevo proceso de evaluación con el VSM y el Yamazumi, es necesario también conocer los impactos de las implementaciones dentro de los procesos logísticos de Mármoles & Bloques. Los diferentes indicadores utilizados en el diagnóstico del capítulo 4 se presentan a continuación a partir de la información del estado de la empresa después de las implementaciones presentadas (*Tabla*).

Tabla 69 Evaluación Indicadores Logísticos

Indicador	Descripción	Formula	Valor
Nivel de cumplimiento de Proveedores	Consiste en calcular el nivel de efectividad en las entregas de mercancía de los proveedores en la bodega de producto terminado	Pedidos Recibidos a Tiempo x 100 / Total Pedidos Recibidos	17/20 = 85%
Nivel de cumplimiento de pedidos completos	Consiste en calcular el porcentaje de pedidos sin daños o incompletos al cliente	Total de pedidos entregados completos x 100 / Total de pedidos despachados	19/20 = 95%

Indicador	Descripción		Formula	Valor
Nivel de cumplimiento entregas a clientes	Consiste en calcular el porcentaje real de las entregas oportunas y efectivas a los clientes		Total de Pedidos Entregados a Tiempo x 100 / Total de Pedidos	7/20 = 35%
Índice de duración de Mercancías	Proporción entre el inventario final y las ventas promedio del último período.	Inventario Final x 30 días / Ventas Promedio	Moldeo-Desmolde	150/651=0,23 días
			Desmolde-Pulido	1500/543=2,3 días
			Pulido-Retapado	0 dias
			Retapado-Afinado	900/543=1,38 días
			Producto Terminado	450/543=0,69 días

Los indicadores tanto de cumplimiento de proveedores como el de Cumplimiento de pedidos completos, asociados a evaluar los procesos de abastecimiento y transporte respectivamente, se mantienen constantes debido a que inicialmente no presentaron un nivel bajo de desempeño dichas operaciones, y por lo tanto, no se tomó como áreas de prioridad a atacar.

El índice de duración de mercancías, asociado a inventarios entre operaciones y producto terminado, se presentó disminución en el indicador de cada uno de ellos, comunicando este cambio una reducción en el capital invertido por parte de la compañía, dando así un aporte de fluidez de efectivo mayor a la empresa. Para el inventario de Moldeo – Desmoldeo su reducción se dio gracias a los cambios presentados en la mezcla y los nuevos moldes utilizados, al ser más fluida permite el retiro de los moldes con mayor celeridad, ya que la mezcla se acomoda con mayor facilidad a la estructura deseada; en el inventario de Desmolde – Pulido, que es el proceso de Fraguado, su reducción es principalmente a la hidratación constante que se implementó; Entre Pulido – Retapado ya no existe un inventario, gracias al desarrollo de la operación en serie; entre Retapado – Afinado, al haber

una menor cantidad de poros, la cantidad de mezcla a aplicar es menor, requiriendo una menor cantidad de tiempo de secado.

Por último, el nivel de cumplimiento a clientes presenta un aumento del 20%, resultado de todo el conjunto de actividades de mejora presentadas durante el transcurso del proyecto, la reducción de 2 días de Lead Time, permite un mayor tiempo de respuesta por parte de la compañía, la cual logro un aumento de 100 unidades aproximadamente como se observa entre los 2 diagnósticos realizados. A pesar de esto, este nivel de cumplimiento se mantiene en un 35%, siendo aún muy bajo y susceptible a mejoras.

8. CONCLUSIONES

- A través del diagnóstico realizado a la cadena de suministro de Marmoles & Bloques, se logró conocer detalladamente todo el funcionamiento de sus procesos productivos y logísticos, identificando problemáticas para las cuales se desarrollaron e implementaron una serie de propuestas en busca de su mejoramiento.
- El Yamazumi realizado permitió conocer a plenitud el proceso productivo de lavaderos prefabricados. Los resultados evidenciaron que la operación de pulido superaba el takt time de 23.6 min de la compañía, siendo este el cuello de botella de la producción e impidiendo a la empresa cumplir con los tiempos de entrega de pedidos a sus clientes.
- El VSM desarrollado describió a plenitud cada proceso logístico de la empresa, evidenciando falencias como la planificación y control de las diversas operaciones por parte de la compañía y el desperdicio de los inventarios.
- A través de un rediseño de los moldes utilizados para la elaboración de los lavaderos, se logró una reducción de tiempo en la operación de moldeo, a su vez esto genero un cambio en la presentación del producto, eliminando la jabonera lo cual disminuye la cantidad de mezcla a utilizar y el costo que implica; se adiciono un perfil de acero a la cara superior del producto, eliminando actividades repetitivas en la operación de pulido, retapado y refinado como lo era el arreglo de orillos.
- Al realizar un cambio a producción en serie en la operación de pulido, se elimina la actividad de cambio de herramienta y agiliza la operación dividiendo la carga del operario en dos operaciones, pulido destronque y pulido fino, lo cual evita transportes innecesarios del lavadero y elimina tiempos de espera traducido en inventario para la operación siguiente (retapado).
- Desarrollando un diseño de experimentos se obtuvo una nueva dosificación para la mezcla logrando disminuir la porosidad del lavadero durante el fraguado y después del pulido, además de darle mayor fluidez a sus partículas

para deslizarse con facilidad a través de los moldes y con un costo de materiales menor al original.

- Con la mayor fluidez adquirida por la mezcla a través del diseño de experimentos, no es necesario utilizar un vibrador en la operación de moldeo que forcé al fluido a deslizarse por las matrices.
- El sistema de riego a aspersión instalado en el área de fraguado, acelera el estado endurecido de los lavaderos, es decir con una hidratación constante el proceso químico de fraguado en los lavaderos se da más rápido, reduciendo dos días su duración en inventario.
- Se diseñó en el programa Excel, una herramienta de calculo que diera a conocer el estado y las fluctuaciones en los inventarios tanto de materias primas como de producto terminado, las necesidades de material a utilizar en producción y el cálculo del costo por lavadero diariamente; esto con el fin de crear una planificación y control de la cadena de suministro de la compañía.
- Con la redistribución de planta se organizó y se determinó la capacidad que cada área demanda, reduciendo y facilitando las operaciones de transporte.
- Se implementó la tecnología del concreto celular en los prefabricados (lavaderos) logrando disminuir el peso por lavadero en un 20% aproximadamente, además de suministrarle otras propiedades como la manejabilidad de la mezcla al momento de fundir y la permeabilidad, importantes en la funcionalidad de un lavadero.
- Con la estandarización de las operaciones, se logró documentar en formatos guía para asegurar la eficiencia del proceso y lograr un mejoramiento continuo.
- Al realizar nuevamente los diagnostico utilizados, se evidencio una disminución del takt tima de 23.6 min a 19.7 min, dejando la línea de producción con un tiempo debajo de este estándar, eliminando el cuello de botella. De igual forma el Lead time paso de 6.08 días a 3.91 días, reduciendo este capital invertido en inventarios, un mejor tiempo de respuesta a la demanda y aumentado el cumplimiento de pedidos a clientes en un 20%.

9. RECOMENDACIONES

- Llevar a cabo la elaboración de la herramienta diseñada para la manipulación del lavadero en la operación del pulido descrita en el capítulo 5 de este documento, la cual impactara en el tiempo y la ergonomía en el centro de trabajo.
- Analizar en la operación de pulido, una producción por lotes de lavadero, el cual podría eliminar tiempos en reacomodos del producto.
- Cambiar el tipo de contratación de personal en la empresa, pasar de destajo a contratación fija, lo cual mejoraría el ambienta laboral y la actitud de los trabajadores hacia la empresa, ya que la mentalidad en los operarios cambiaria de cantidad a calidad en el producto.
- Manifestar a la entidad responsable del sistema de información de la empresa, lo que se quiere con el sistema y así incluir las herramientas de Excel que se elaboraron a través del proyecto; cabe resaltar que el sistema está disponible a cambios si lo requiere la compañía.
- Periódicamente realizar jornadas que ayuden a mantener el orden y estado de la organización, tal cual se entregó al finalizar el proyecto, lo cual permitiría el mejoramiento continuo.

BIBLIOGRAFÍA

- CHASE, Richard B. *Administración de Operaciones*. Duodécima edición. México, D.F.: McGraw-Hill, 2009. p. 358-360.

- Compilación de normas ICONTEC por el instituto colombiano de Productores de Cemento. 1984

- Desarrollo de la técnica lean value stream mapping en las líneas de mecanizado y ensamble THC DANA TRANSEJES COLOMBIA; autor, Nicolás Ramírez Arenas.

- DUGGAN, Kevin J. Creating Mixed Model Value Streams. New York: Productivity press, Primer edición, 2002.

- Instructivo YAMAZUMI de la empresa DANA TRANSEJES Colombia.

- Manual de Distribución en planta, Centros Europeos de Empresas Innovadoras. Edición 2008.

- MONTGOMERY, Douglas. *Diseño y análisis de experimentos*. 2da Edición. México, D.F.: Editorial Limusa, S.A., 2004. p. 1-17.

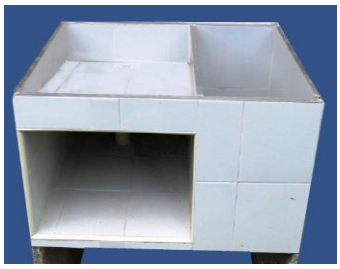
- Que es “lean Manufacturing” Grupo Kaizen S.A. Disponible en internet <http://www.grupokaizen.com/mck/Que_es_el_Lean_Manufacturing.pdf>

ANEXOS

Anexo A Portafolio de Productos Mármoles y Bloques

DESCRIPCIÓN DE PRODUCTOS					
GRANITO					
GRANITO BLANCO ESPECIAL Presentación: Bulto 38 kg	Nº 1		Nº 2		El Nº del granito es el tamaño del mismo, el cual es la misma referencia en cada uno de los diversos colores del granito.
	Nº 2 1 2		Nº 4		
GRANITO BLANCO GRIS Presentación: Bulto 38 kg	Nº 1	Nº 2	GRANITO BLANCO HUILA Presentación: Bulto 38 kg	Nº 1	Nº 2

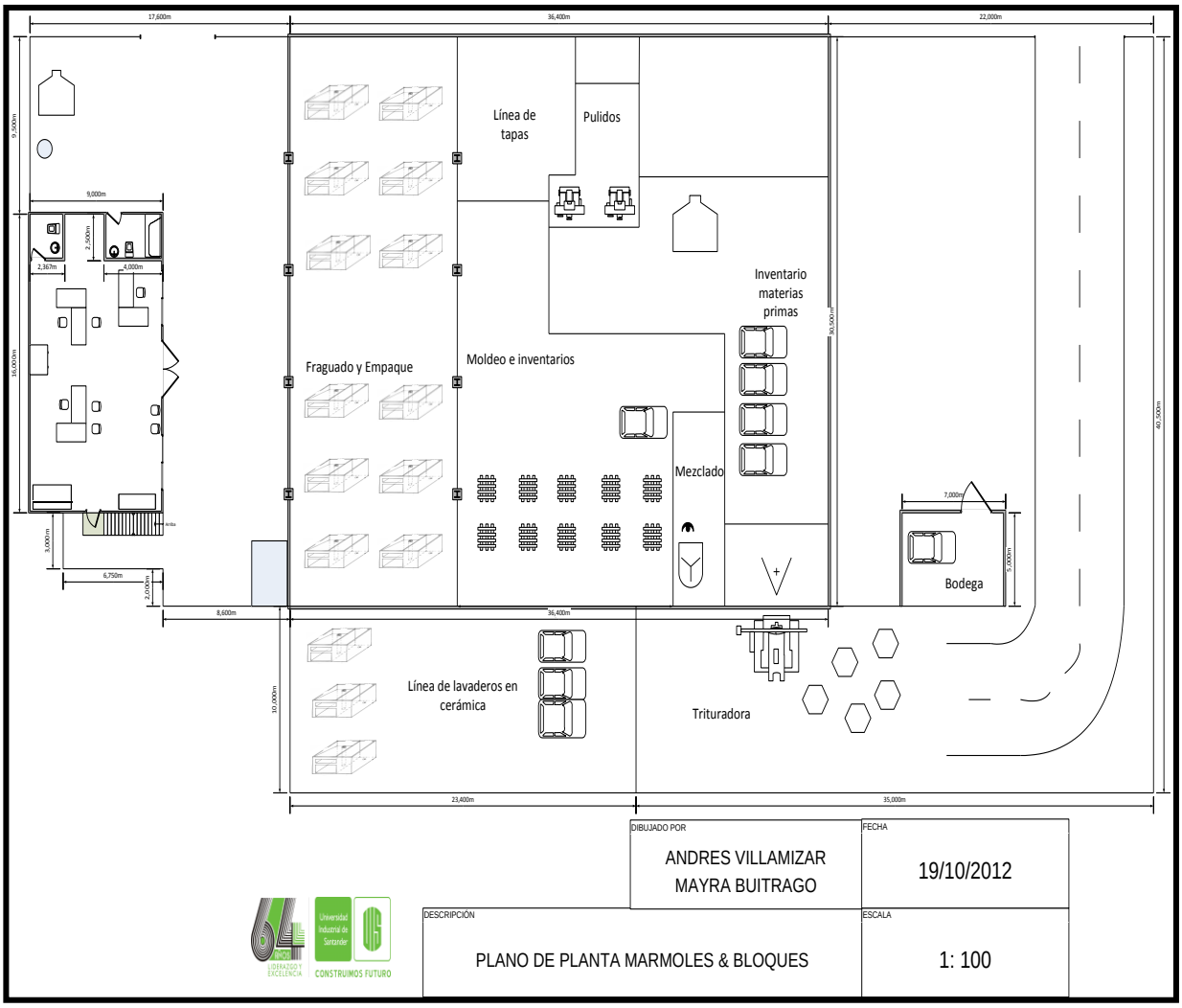
	Nº 2 1/2	Nº 4		Nº 2 1/2	Nº 4
	Nº 1	Nº 2		Nº 1	Nº 2
GRANITO ROSADO HUILA Presentación: Bulto 38 kg			GRANITO PERLATO Presentación: Bulto 38 kg		
	Nº 2 1/2	Nº 4		Nº 2 1/2	Nº 4
	Nº 1	Nº 2		Nº 1	Nº 2
GRANITO NEGRO Presentación: Bulto 38 kg			GRANITO AMARILLO Presentación: Bulto 38 kg		
	Nº 2 1/2	Nº 4		Nº 2 1/2	Nº 4
MARMOLINA BLANCA Presentación: Bulto 40kg y 50kg			GRAVILLA SABANERA AMARILLA		

LAVADEROS			
LAVADERO EN GRANITO Medidas: 60,70,80,90,100 [cm]		LAVADERO ENCHAPADO Medidas: 60,70,80,90,100 [cm]	
OTROS			
LAVATRAPEROS EN GRANITO		GUARDA-ESCOBA EN GRANITO	

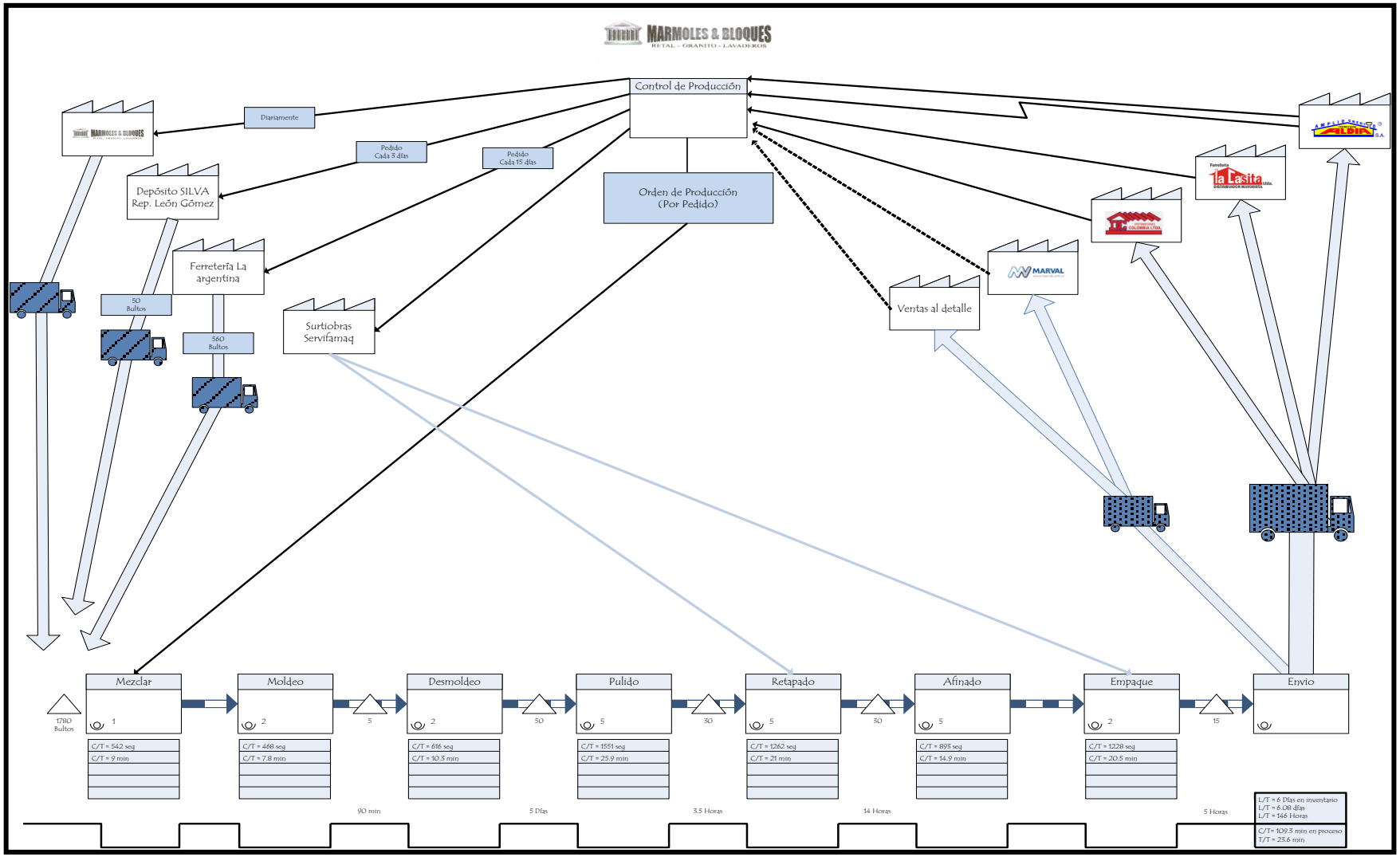
Anexo B Descripción Áreas de Trabajo Mármoles y Bloques

DESCRIPCIÓN	IMÁGENES
TRITURADO	
Se encuentra la trituradora de piedras de mármol y el inventario de las diferentes referencias de la piedra triturada; Intemperie.	
MEZCLADO	
En dicha área se realiza la operación de mezcla.	
MOLDEO E INVENTARIOS	
Es donde se realiza la operación de moldeo y retiro de molde, y se encuentra un área de inventario de producto en proceso.	
PULIDO	
Es el centro de trabajo más concurrido realizando allí las operaciones de pulido, retapado y refinado.	
EMPAQUE Y FRAGUADO	
Destinada primordialmente a ubicar inventario de producto en proceso y producto terminado, se lleva a cabo la operación de empaque dentro de esta área.	
INVENTARIO MATERIAS PRIMAS	
Donde se ubican todos los materiales para la mezcla.	
AREA ADMINISTRATIVA	
Es el espacio donde se encuentra la oficina de la gerencia y donde se atienden a los clientes. También existe un área destinada a casilleros y baños para los empleados.	

Anexo C Plano General Mármoles y Bloques



Anexo D VSM Mármoles y Bloques (Situación inicial)



Anexo E Tabla de tiempos operación Mezclado Yamazumi Inicial

Actividad	Tiempo (segundos)			1	2	Prom
	Manual	Movimiento	Maquina			
cargar agua	x			22	8	15
Desplazamiento MP		x		22	22	22
Carga MP	x			6	5	5,5
Desplazamiento MP		x		12	18	15
Carga MP	x			7	4	5,5
cargar agua	x			5	6	5,5
Desplazamiento MP		x		28	16	22
Carga MP	x			13	6	9,5
Encender maquina	x			24	14	19
ciclo de maquina			x	221	231	226
Desplazamiento MP		x		24	25	24,5
Carga MP	x			6	7	6,5
Desplazamiento MP		x		20	19	19,5
Carga MP	x			16	10	13
Desplazamiento MP		x		17	20	18,5
Carga MP	x			14	10	12
Desplazamiento MP		x		26	18	22
Carga MP	x			14	11	12,5
Desplazamiento MP		x		17	46	31,5
Carga y revisión	x			6	19	12,5
Desplazamiento MP		x		22	22	22
Carga MP	x			5	3	4
Desplazamiento MP		x		20	25	22,5
Carga MP	x			11	16	13,5
Manipulación y revisión	x			18	18	18
Desplazamiento MP		x		17	10	13,5
Carga MP	x			13	6	9,5
carga y revisión	x			32	23	27,5
Manipulación y revisión	x			77	77	77
Desplazamiento Carro		x		28	17	22,5
Vierte mezcla	x			18	22	20

Anexo F Tabla de tiempos operación Moldeo Yamazumi Inicial

Actividad	Tiempo (segundos)			1	2	Prom
	Manual	Movimiento	Maquina			
Desplazamiento		x		14	14	14
Vierte mezcla	x			12	23	17,5
Arreglo mezcla	x			69	64	66,5
Arreglo de molde	x			23	22	22,5
Vierte mezcla	x			20	15	17,5
Desplazamiento		x		17	14	15,5
Vierte en el molde	x			53	50	51,5
Arreglo mezcla	x			45	35	40
Traer vibrador		x		27	27	27
Vibrado	x			25	26	25,5
Arreglo mezcla	x			60	41	50,5
Poner tapa	x			83	65	74
Arreglo mezcla	x			44	48	46

Anexo G Tabla de tiempos operación Retiro de Molde Yamazumi Inicial

Actividad	Tiempo (segundos)			1	2	3	Prom
	Manual	Movimiento	Maquina				
Retiro Externos	x			130	73	110	104,3
Retiro tapa pequeña	x			28	13	17	19,3
Arreglo interior	x			75	73	124	90,7
Retiro Externos	x			108	56	33	65,7
Retiro tapa grande	x			22	39	33	31,3
Arreglo interior	x			63	24	38	41,7
Arreglo fino	x			98	92	104	98,0
Retiro tapa lateral	x			24	20	24	22,7
Retiro tapa lateral grande, limpieza	x			29	41	32	34,0
Retirar pieza interna (golpe)	x			10	10	10	10,0
Soltar tuercas	x			26	26	26	26,0
Retirar jabonera	x			27	27	27	27,0
Retirar molde	x			45	45	45	45,0

Anexo H Tabla de tiempos operación Pulido Yamazumi Inicial

Actividad	Tiempo (segundos)			prom
	Manual	Movimiento	Maquina	
Buscar carro		x		9
Buscar lavadero		x		34
Preparar transporte	x			125
Transportar lavadero		x		73
Preparar herramienta	x			50
Pulido	x			91
Transportar lavadero		x		55
Revisión	x			19
Preparar herramienta	x			28
Pulido	x			86
reacomodado		x		19
Pulido	x			194
reacomodado		x		23
Pulido	x			67
reacomodado		x		17
Pulido	x			17
reacomodado		x		14
Pulido	x			71
preparar herramienta	x			28
Pulido	x			82
reacomodado		x		19
Pulido	x			23
reacomodado		x		9
Pulido	x			81
reacomodado		x		13
Pulido	x			91
reacomodado		x		10
Pulido	x			111
Control y lavado	x			119
buscar carro		x		9
transportar lavadero		x		19

Anexo I Tabla de tiempos operación Retapado Yamazumi Inicial

Actividad	Tiempo (segundos)			prom
	Manual	Movimiento	Maquina	
Buscar lavadero		x		7
Transportar lavadero		x		16
Ubicar carro		x		5
Preparar mezcla	x			19
Retapado	x			380
reacomodar		x		9
Retapado	x			527
preparar mezcla	x			91
Poner Rejilla	x			90
Reacomodar		x		10
retapado	x			79
Ubicar carro		x		15
Transportar lavadero		x		14

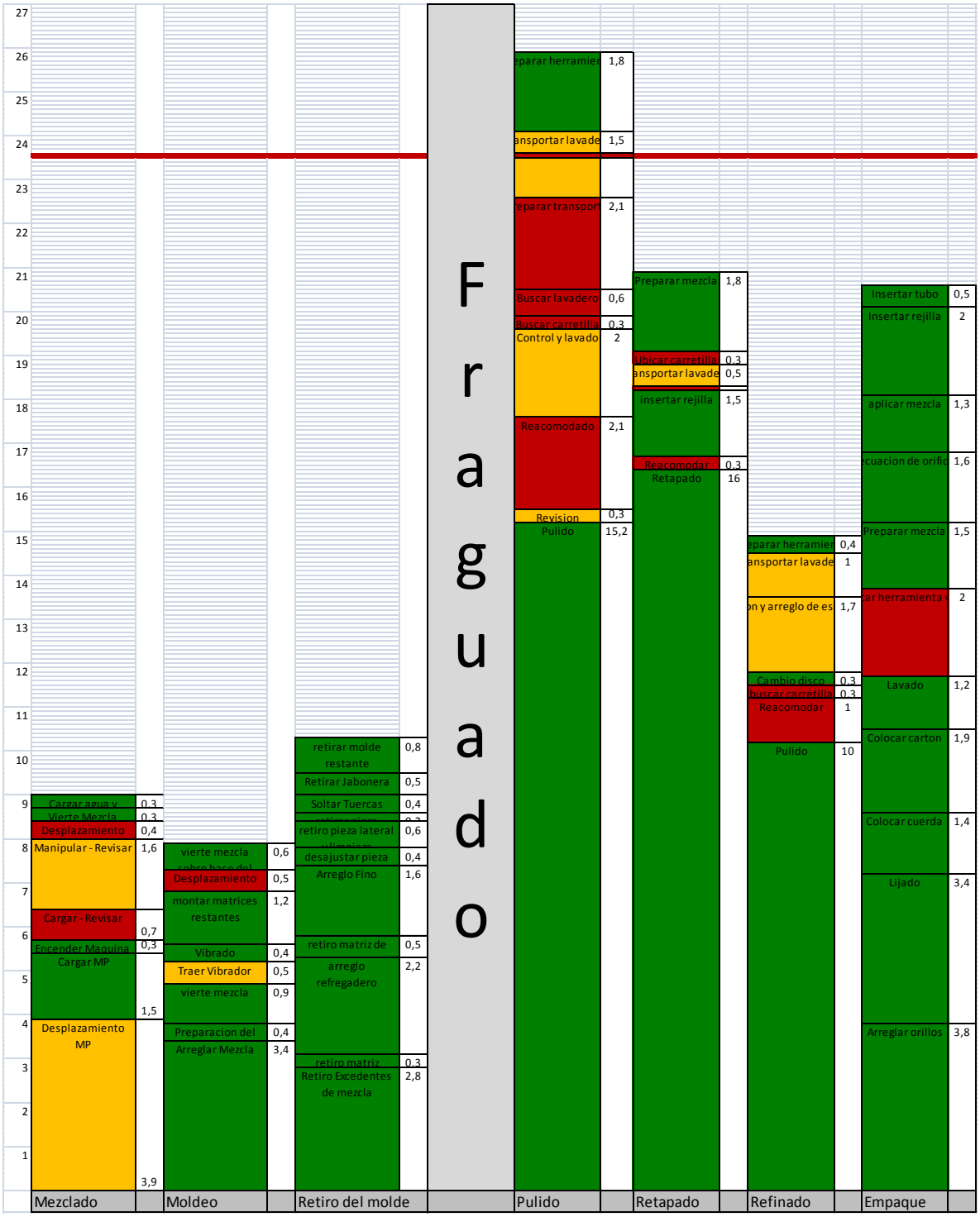
Anexo J Tabla de tiempos operación Refinado Yamazumi Inicial

Actividad	Tiempo (segundos)			1	2	Prom
	Manual	Movimiento	Maquina			
Transportar lavadero		x		11	28	19,5
Preparar herramienta	x			14	18	16
Pulido	x			84	113	98,5
reacomodar		x		16	17	16,5
Pulido	x			100	103	101,5
reacomodar		x		12	14	13
Pulido	x			31	45	38
reacomodar		x		6	7	6,5
Pulido	x			78	121	99,5
reacomodar		x		10	12	11
Pulido	x			134	201	167,5
Buscar carro		x		22	8	15
reacomodar		x		14	13	13,5
transportar lavadero		x		14	15	14,5
preparar herramienta	x			11	10	10,5
Pulido	x			112	101	106,5
Desmontar herramienta	x			22	12	17
Revisión y esquinas	x			98	108	103
Transportar lavadero		x		30	21	25,5

Anexo K Tabla de tiempos operación Empaque Yamazumi Inicial

Actividad	Tiempo (segundos)			1	2	Prom
	Manual	Movimiento	Maquina			
Buscar Material o herramienta		x		87	87	87
Preparar mezcla	x			39	31	35
Adecuación	x			38	81	59,5
Buscar Material o herramienta		x		19	16	17,5
Preparar mezcla	x			22	8	15
Aplicar mezcla	x			22	31	26,5
Insertar chupo	x			115	123	119
Adecuación	x			36	36	36
Insertar tubo	x			26	28	27
Aplicar mezcla	x			54	52	53
Arreglo orillos	x			203	255	229
Buscar Material o herramienta		x		13	13	13
Lijado	x			203	203	203
Colocar cuerda	x			65	33	49
Colocar cartón	x			54	59	56,5
Colocar cuerda	x			39	35	37
Colocar cartón	x			50	68	59
Preparar mezcla	x			37	37	37
Lavado	x			73	65	69

Anexo L Apilamiento Yamazumi (Situación Inicial)



Anexo M Guía de Conversación y Conocimiento

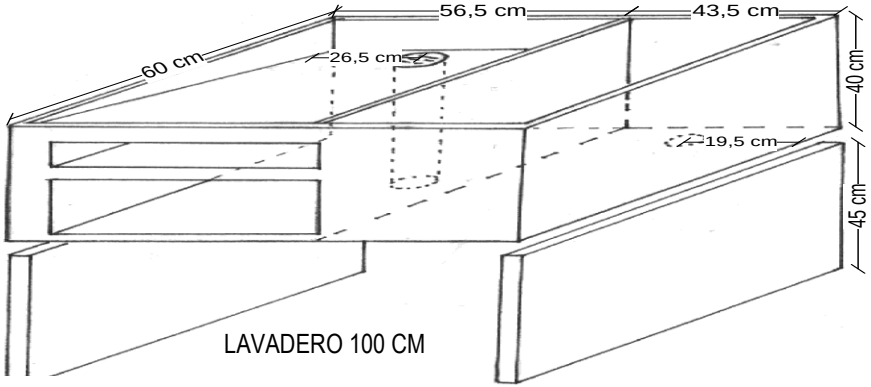
1. Materiales	S/N
a) Alto porcentaje de piezas rechazadas	No
b) Grandes cantidades de piezas averiadas, estropeadas o destruidas en proceso, pero no en las operaciones productivas.	Si
c)entregas interdepartamentales lentas	No
d) artículos voluminosos, pesados o costosos, movidos a mayores distancias que otro más pequeños más ligeros y menos caros	Si
e) Material que es extraviado o que pierde su identificación	No
f) tiempo excesivamente prolongado de permanencia de material en proceso, en comparación con el tiempo real de operación	Si
2. Maquinaria	**S/N**
a) maquinaria inactiva	Si
b) Muchas averías de maquinaria	No
c) Maquinaria anticuada	Si
d) Equipo que causa excesiva vibración, ruido, suciedad, vapores	Si
e) Equipo Demasiado largo, alto, ancho o pesado para su ubicación	No
f) Maquinaria y equipo inaccesibles	No
3. Mano de obra	**S/N**
a) condiciones de trabajo poco seguras o elevada proporción de accidentes	No
b) Área que no se ajusta a los reglamentos de seguridad, de identificación o contra incendios	Si
c) quejas sobre condiciones de trabajo incomodas	Si
d)Excesiva rotación de personal	No
e)Obreros de pie, ociosos o paseando gran parte de su tiempo	Si
f)Equívocos entre operarios y personal de servicios	Si
g) Trabajadores cualificados pasando gran parte de su tiempo realizando	No

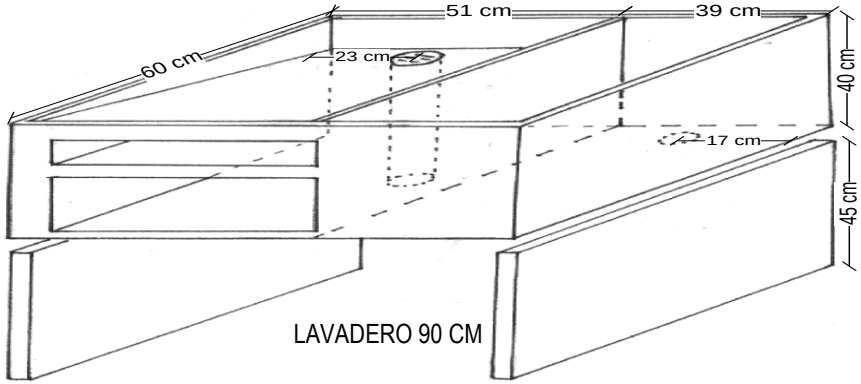
operaciones de servicio (mantenimiento)

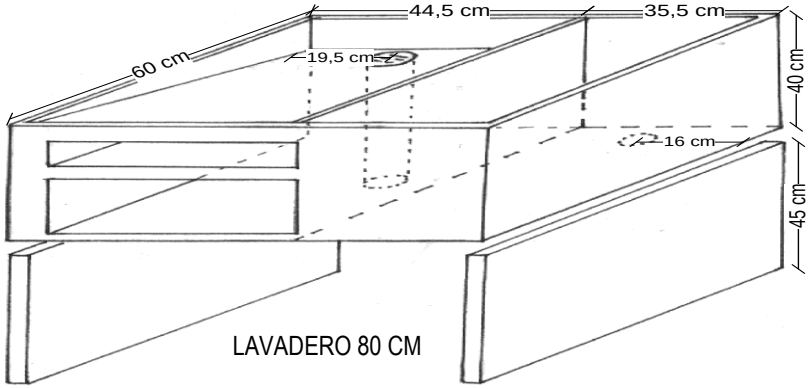
4. Movimiento de materiales	S/N
a) Retrocesos y cruces en la circulación de los materiales	Si
b) Operarios cualificados realizando operaciones de movimiento de cargas	Si
c) Gran proporción del tiempo invertido en recoger y dejar materiales o piezas	Si
d) Frecuentes acarreos y levantamientos a mano	Si
e) Frecuentes movimientos de levantamiento y traslado que implica esfuerzo	Si
f) Operarios esperando a sincronizarse con el equipo de manejo	Si
g) traslados de larga distancia y demasiado frecuentes	Si
h)Equipamiento de manutención ocioso	No
i) Congestión en los pasillos, excesivas transferencias	Si
5. Espera. Almacenamiento	**S/N**
a) Se observan grandes cantidades de almacenamiento de todas clases	No
b) Gran número de pilas de material en proceso esperando	Si
c) Confusión, congestión, zonas de almacenaje indefinidas o muelles de recepción embarque colapsados	No
d) Operarios esperando material en almacenes o en los puestos de trabajo	Si
e) Poco aprovechamiento en altura de las aéreas de almacenaje	No
f) Materiales dañados o mermados en las áreas de almacenamiento	Si
g) Elementos de almacenamiento inseguro o inadecuados	No
h) Manejo excesivo en las áreas de almacén o repetición de las operaciones de almacenamiento	Si
i) Frecuentes errores en los inventarios	Si
j) Elevados costos en demoras y esperas de los conductores de carretillas	Si
6. Servicio	**S/N**
a) Personal pasando por los vestuarios, lavados o accesos establecidos	Si

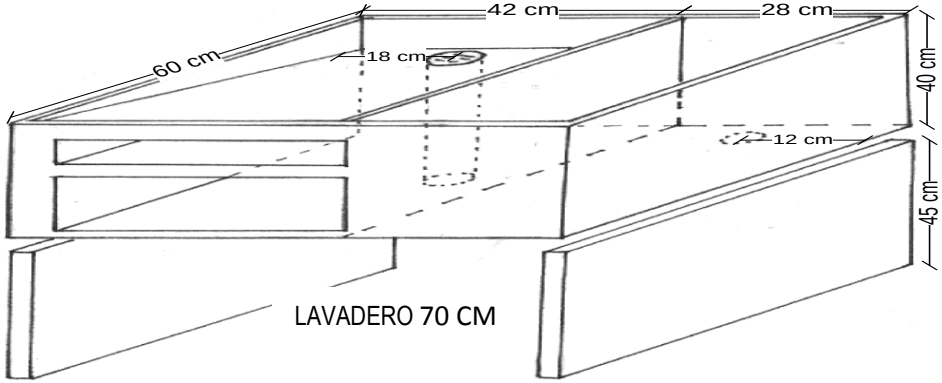
b) Quejas sobre instalaciones por inadecuadas	No
c) Puntos de inspección o control en lugares inadecuados	No
d) Inspectores y elementos de inspección y prueba ociosos	Si
e) Entregas retrasadas de material a las áreas de producción	Si
f) Excesivo personal empleado en la recogida de rechazos y desperdicios	No
g) Demoras en las reparaciones	Si
h) Costos de mantenimiento indebidamente altos	No
i) Elevada proporción de empleados y personal de servicios en relación con los trabajadores de servicio	No
j) Número excesivo de reordenación del equipo precipitadas	No
k) trabajadores realizando sus propias ampliaciones o modificaciones en el cableado, tuberías, conductos y otras líneas de servicio	Si
7. Naves y Edificios	**S/N**
a) Paredes u otras divisiones separando áreas con productos, operaciones o equipos similares	No
b) Abarrotamiento de las herramientas de manejo de material o excesiva espera de los mismos	No
c)Pasillos principales, pasos y calles, estrechos o torcidos	Si
d) Trabajadores interfiriéndose unos en el camino de otros, almacenamiento o trabajo en los pasillos, áreas de trabajo abarrotadas	Si

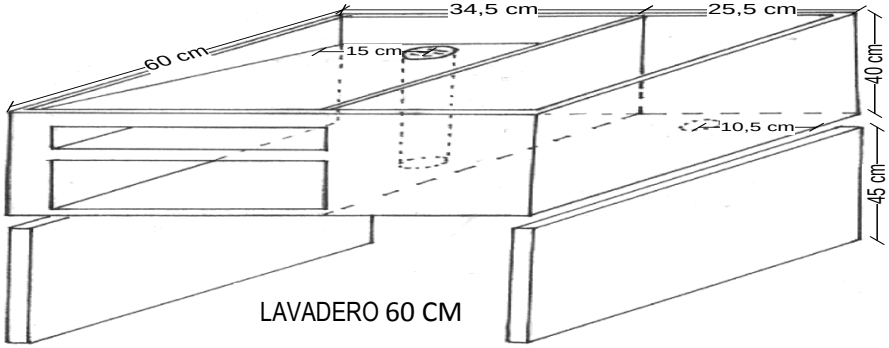
Anexo N Medidas Lavaderos Iniciales





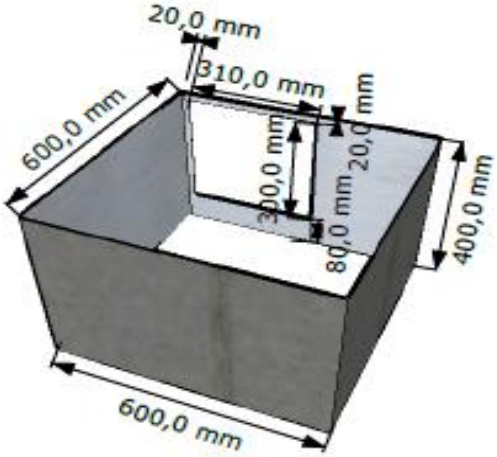


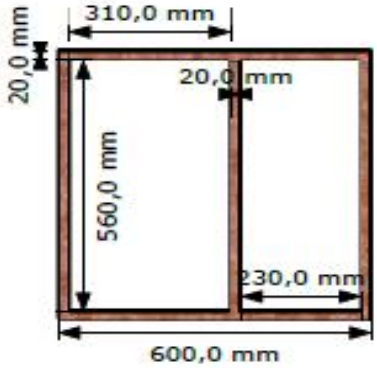


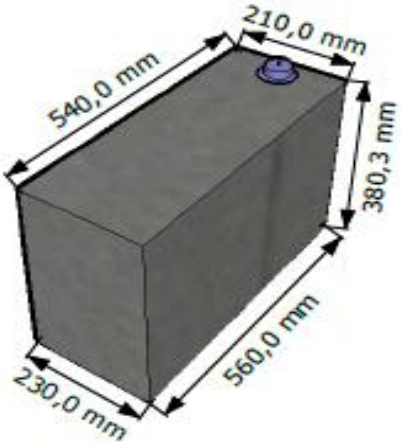


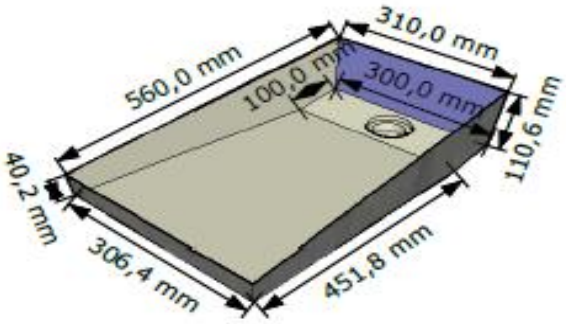
Anexo O Medidas Lavaderos Nuevos

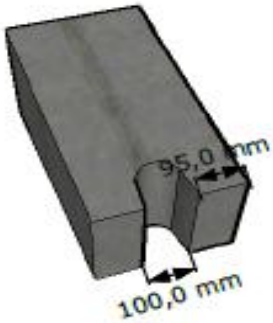
Lavadero de 60*60

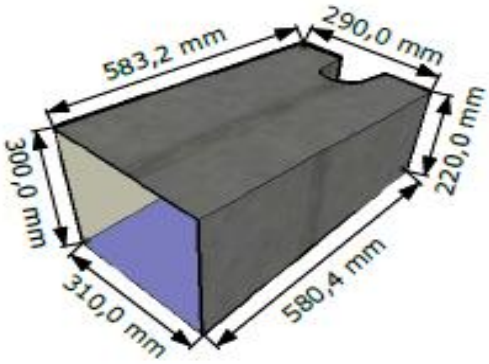




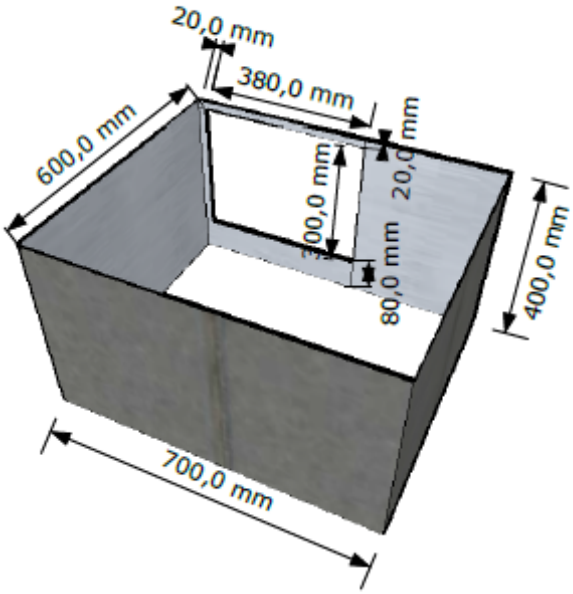


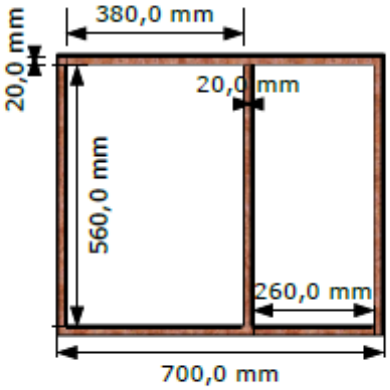


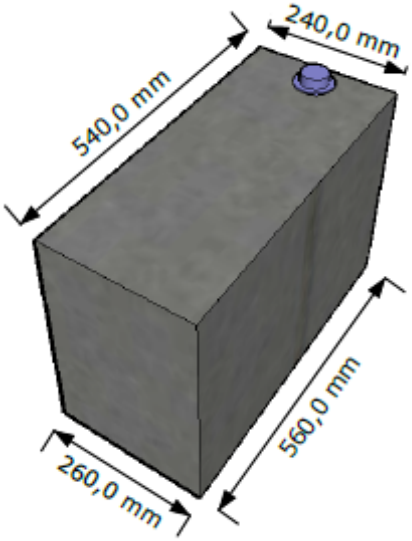


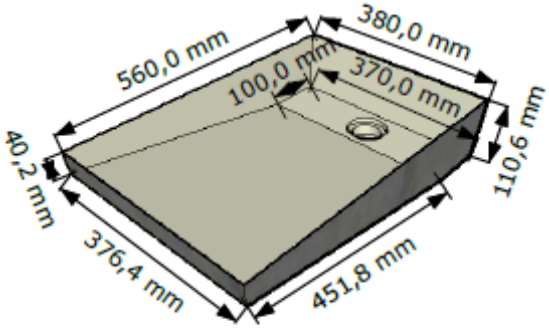


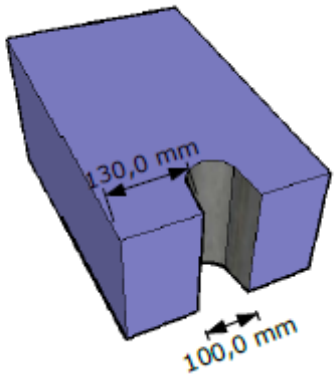
Lavadero de 70*60

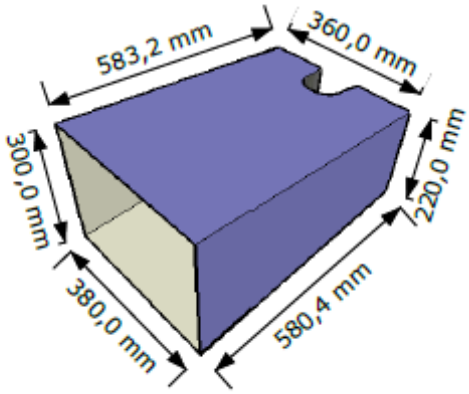




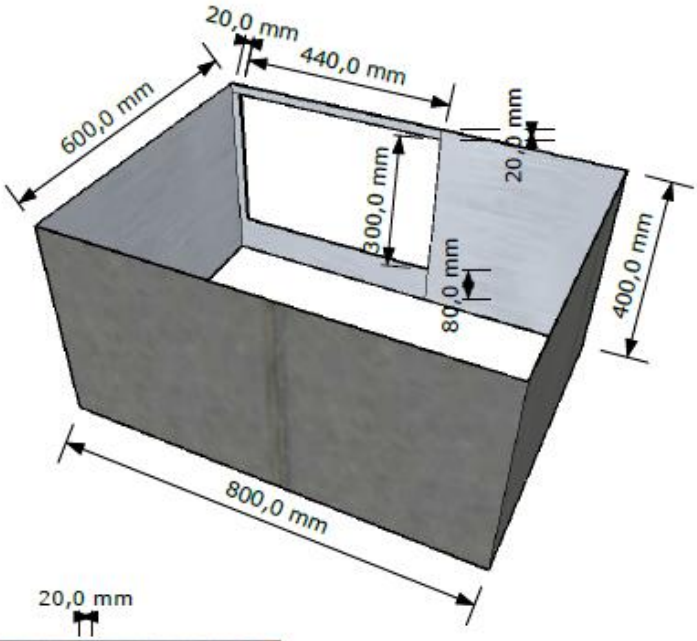


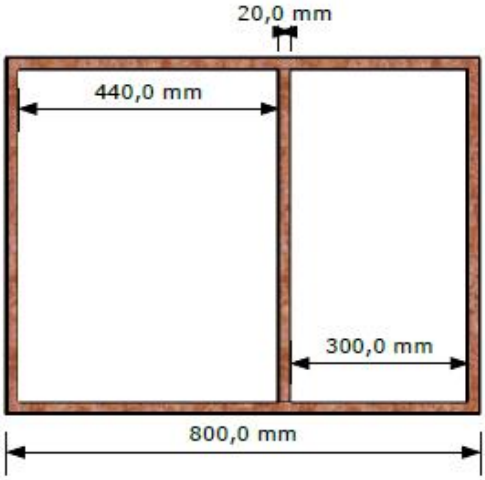


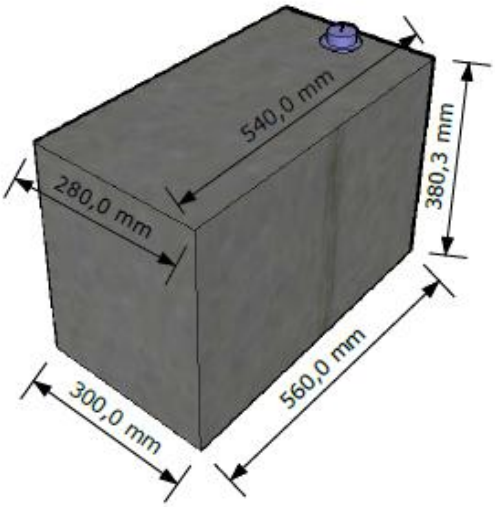


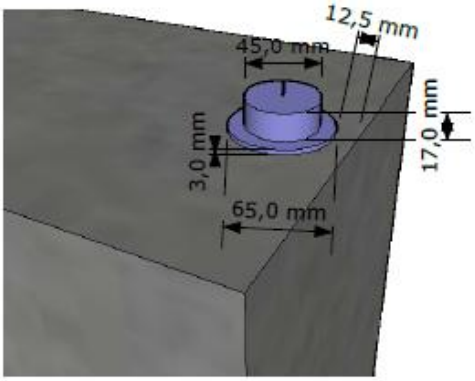


Lavadero de 80*60

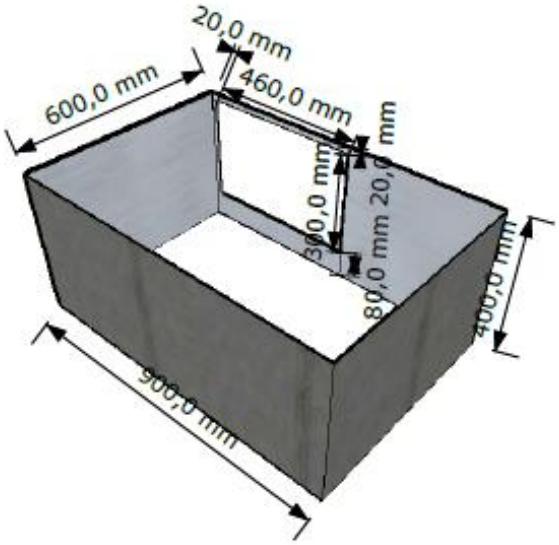


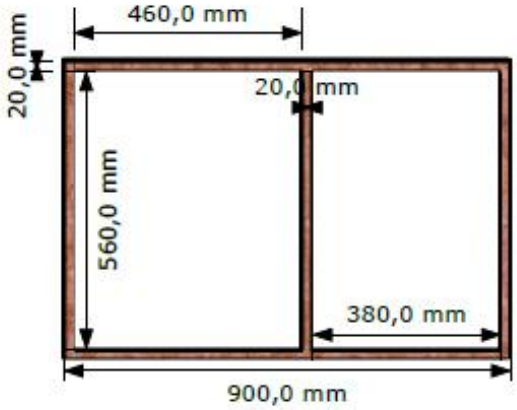


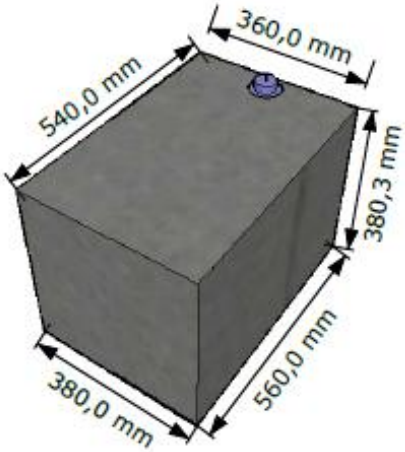


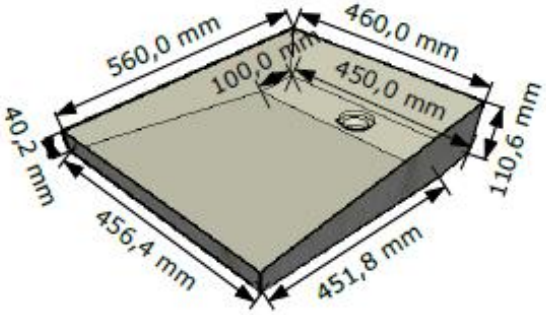


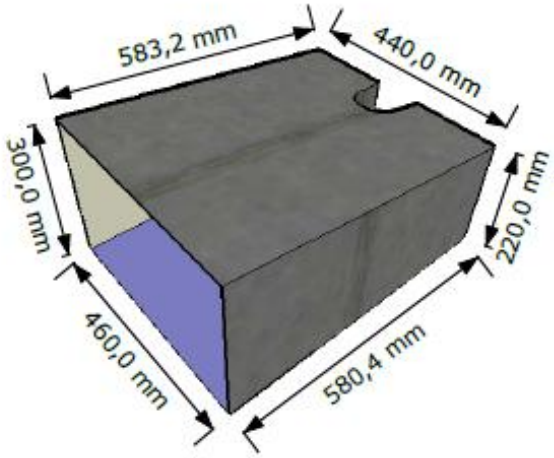
Lavadero de 90*60

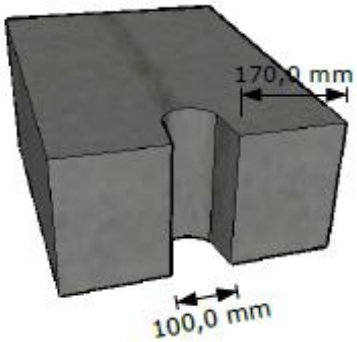




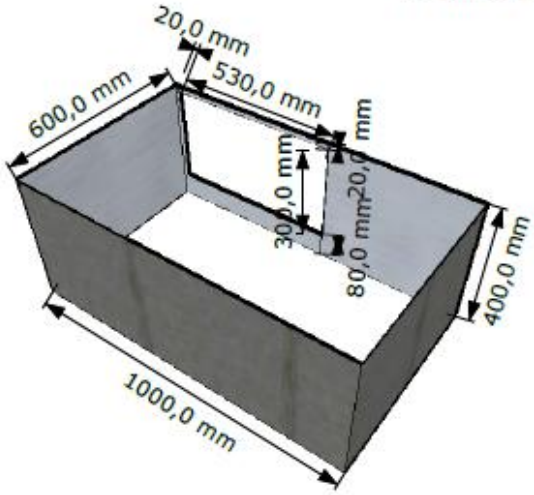


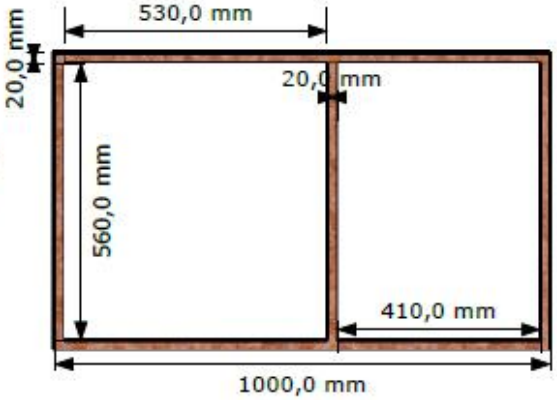


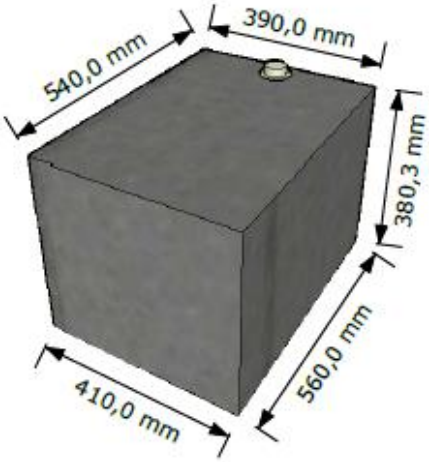


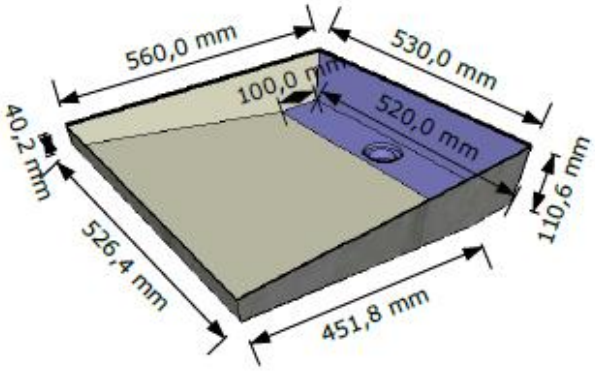


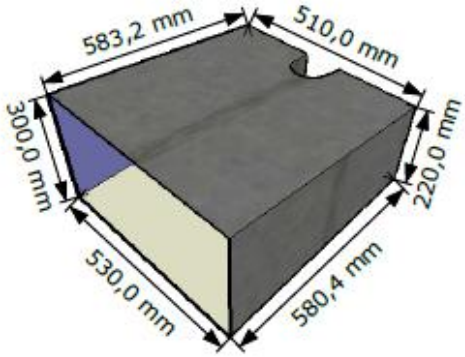
Lavadero de 100*60

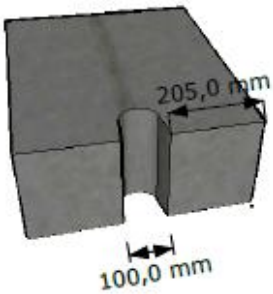












Anexo P Formato Batidas Diarias

MARMOLES Y BLOQUES

REGISTRO DIARIO DE FUNDIDA LAVADEROS EN GRANITO

VERSION 5
HOJA 1 DE

NOMBRE DEL OPERARIO

	COD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	TOTAL
amarillo 2	422																
amarillo 2 1/2	423																
gris 2	492																
gris 2 1/2	493																
blanco 2	412																
blanco 2 1/2	413																
Negro 2	###																
millo gris	491																
millo blanco	411																
marmo Bl* 40 k	415																
marmolina gris	496																
arena	###																
cemento T3 * 40	###																
Tolteca x 40 kg	###																
cto tipo 1	###																
ce - gris * 50K																	
Varilla 20 cm	###																
tubo conduit	###																
sika																	

FECHA

																	TOTALES			
100*40																	100		100 P	
90*40																	90		90 P	
80*40																	80		80 P	
70*40																	70		70P	
60*40																	60		60P	
LAVATRAPERO																	60 sj		OTROS	
BASE 45																	lavat			
BASE 55																	BASE			
OTROS																	B piso		TOTAL	
bases grises																	B gris			
No. HOJA DEW																				

Anexo Q Muestras de Materiales utilizados en las batidas de un dia

N°	Granos											Marmolinas		Cemento	Arena
	Amarillo		Blanco		Millo Blanco	Gris		Rosado		Tra ver.	Mixto	Blanca	Perlato		
	2	2 1/2	2	2 1/2		2	2 1/2	2	2 1/2						
1	10,5		20,5	12,5	7,25			2,5				13,9		14,9	26
2	12		11	14	7,25		1	2,25				15		14,25	30
3	12,25		14,5	10,25	6,25			3,25				15,25		13,9	30,5
4		10,5	25,25	1,5	7		2,75	2,75				14,5		14,25	26,5
5		8	16	1,5	5,25			0,25				11,5		10,75	19,5
6		7,5	22,5	2	6,5			1				13,75		10,6	18,5
7		10	22	1	9		2	2,5		3		12,75		10,75	19
8		12,25	27	3	15,25	8,25	3					13,75		17,25	30,5
9		5	4								22,5	9,25	8,25	10,5	24
10		1,25	1	1			4,75				24,5	9,5	1,75	9,75	19
11				1		8	12				18,5	10,75	1,75	11,5	18,5
12	8			1,25			11,75		3,5		8	8,25	2	10,5	20
13	7,5			1			13,5				11,25	9		9,5	18,5
14	4						8				11	5		5,75	11,5
15	3						4,75				6,5	3,5		9,5	

Anexo R Muestras de producción de batidas de un día

Muestra	Lavaderos y tapas					
	1 mt	0.9 mt	0.8 mt	0.7 mt	0.6 mt	Tapas
1	10	6	5	3	6	69
2	8	7	6	4	5	61
3	8	7	6	4	5	60
4	8	7	6	4	5	58
5	2	5	5	1	5	99
6	6	5	5	0	5	49
7	8	8	5	4	0	50
8	10	5	6	5	10	87
9	6	3	4	4	3	68
10	6	4	4	4	2	57
11	6	5	5	4	4	58
12	8	5	5	5	0	41
13	8	2	6	0	5	42
14	4	3	5	0	0	25
15	0	3	6	0	1	20
Promedios	6,53333333	5	5,26666667	2,8	3,73333333	56,2666667

Anexo S Materias primas a utilizar por referencia con Propuesta N° 1 de mezcla

Producto	grano/Mezcla	marmolina/Mezcla	cemento/Mezcla	arena/Mezcla	agua/Mezcla
cm^3 Material /cm^3 Lavadero	0,40515538	0,21101843	0,162099203	0,2278999	0,25625311
1 mt	42.497,56	22.134,14	17.002,91	23.904,88	26.878,90
0.9 mt	39.690,64	20.672,21	15.879,89	22.325,99	25.103,58
0.8 mt	35.353,86	18.413,47	14.144,78	19.886,55	22.360,65
0.7 mt	32.728,45	17.046,07	13.094,37	18.409,75	20.700,13
0.6 mt	27.963,82	14.564,49	11.188,09	15.729,65	17.686,59
bases	3.555,24	1.851,69	1.422,42	1.999,82	2.248,62
%	32%	17%	13%	18%	20%

Anexo T Materias primas a utilizar por referencia con Propuesta N° 2 de mezcla

Producto	grano/Mezcla	marmolina/Mezcla	cemento/Mezcla	arena/Mezcla	agua/Mezcla
cm^3 Material /cm^3 Lavadero	0,40515538	0,21101843	0,162099203	0,2278999	0,25625311
1 mt	42.497,56	22.134,14	17.002,91	23.904,88	26.878,90
0.9 mt	39.690,64	20.672,21	15.879,89	22.325,99	25.103,58
0.8 mt	35.353,86	18.413,47	14.144,78	19.886,55	22.360,65
0.7 mt	32.728,45	17.046,07	13.094,37	18.409,75	20.700,13
0.6 mt	27.963,82	14.564,49	11.188,09	15.729,65	17.686,59
bases	3.555,24	1.851,69	1.422,42	1.999,82	2.248,62
%	32%	17%	13%	18%	20%

Anexo U Materias primas a utilizar por referencia con Propuesta N° 3 de mezcla

Producto	grano/Mezcla	marmolina/Mezcla	cemento/Mezcla	arena/Mezcla	agua/Mezcla
cm^3 Material /cm^3 Lavadero	0,42203685	0,21101843	0,1620992	0,21101843	0,25625311
1 mt	44.268,29	22.134,14	17.002,91	22.134,14	26.878,90
0.9 mt	41.344,42	20.672,21	15.879,89	20.672,21	25.103,58
0.8 mt	36.826,94	18.413,47	14.144,78	18.413,47	22.360,65
0.7 mt	34.092,14	17.046,07	13.094,37	17.046,07	20.700,13
0.6 mt	29.128,98	14.564,49	11.188,09	14.564,49	17.686,59
bases	3.703,37	1.851,69	1.422,42	1.851,69	2.248,62
%	33%	17%	13%	17%	20%

Anexo V Materias primas a utilizar por referencia con Propuesta N° 4 de mezcla

Producto	grano/Mezcla	marmolina/Mezcla	cemento/Mezcla	arena/Mezcla	agua/Mezcla
cm^3 Material /cm^3 Lavadero	0,486034018	0,243017009	0,24301701	0,138866862	0,15149112
1 mt	50.981,08	25.490,54	25.490,54	14.566,02	15.890,21
0.9 mt	47.613,84	23.806,92	23.806,92	13.603,95	14.840,68
0.8 mt	42.411,33	21.205,66	21.205,66	12.117,52	13.219,12
0.7 mt	39.261,83	19.630,91	19.630,91	11.217,67	12.237,45
0.6 mt	33.546,07	16.773,03	16.773,03	9.584,59	10.455,92
bases	4.264,95	2.132,47	2.132,47	1.218,56	1.329,33
%	39%	19%	19%	11%	12%

Anexo W Materias primas a utilizar por referencia con Propuesta N° 5 de mezcla

Producto	grano/Mezcla	marmolina/Mezcla	cemento/Mezcla	arena/Mezcla	agua/Mezcla
cm^3 Material /cm^3 Lavadero	0,49934231	0,15169893	0,15149112	0,27052976	0,1893639
1 mt	52.377,01	15.912,00	15.890,21	28.376,41	19.862,76
0.9 mt	48.917,57	14.861,03	14.840,68	26.502,18	18.550,85
0.8 mt	43.572,61	13.237,25	13.219,12	23.606,43	16.523,89
0.7 mt	40.336,87	12.254,24	12.237,45	21.853,39	15.296,82
0.6 mt	34.464,61	10.470,26	10.455,92	18.671,96	13.069,90
bases	4.381,73	1.331,16	1.329,33	2.373,90	1.661,67
%	40%	12%	12%	21%	15%

Anexo X Materias primas a utilizar por referencia con Propuesta N° 6 de mezcla

Producto	grano/Mezcla	marmolina/Mezcla	cemento/Mezcla	arena/Mezcla	agua/Mezcla
cm^3 Material /cm^3 Lavadero	0,53154527	0,16148211	0,13401058	0,28797642	0,14741164
1 mt	55754,8459	16938,181	14056,6382	30206,4229	15462,3021
0.9 mt	52072,3003	15819,433	13128,2129	28211,3222	14441,0342
0.8 mt	46382,6398	14090,9286	11693,7636	25128,8226	12863,14
0.7 mt	42938,2265	13044,5245	10825,375	23262,7354	11907,9125
0.6 mt	36687,2542	11145,4949	9249,41054	19876,1327	10174,3516
bases	4664,3097	1417,00548	1175,94288	2526,9931	1293,53717
%	42%	13%	11%	23%	12%

Anexo Y Materias primas a utilizar por referencia con Propuesta N° 7 de mezcla

Producto	grano/Mezcla	marmolina/Mezcla	cemento/Mezcla	arena/Mezcla	agua/Mezcla
cm^3 Material /cm^3 Lavadero	0,48477159	0,2524852	0,11361834	0,27268402	0,13886686
1 mt	50.848,66	26.483,68	11.917,66	28.602,37	14.566,02
0.9 mt	47.490,16	24.734,46	11.130,51	26.713,22	13.603,95
0.8 mt	42.301,17	22.031,86	9.914,34	23.794,41	12.117,52
0.7 mt	39.159,85	20.395,75	9.178,09	22.027,42	11.217,67
0.6 mt	33.458,94	17.426,53	7.841,94	18.820,65	9.584,59
bases	4.253,87	2.215,56	997,00	2.392,80	1.218,56
%	38%	20%	9%	22%	11%

Anexo Z Materias primas a utilizar por referencia con Propuesta N° 8 de mezcla

Producto	grano/Mezcla	marmolina/Mezcla	cemento/Mezcla	arena/Mezcla	agua/Mezcla
cm^3 Material /cm^3 Lavadero	0,47871195	0,24932914	0,13886686	0,26927547	0,1262426
1 mt	50213,0535	26152,6321	14566,0229	28244,8426	13241,839
0.9 mt	46896,5372	24425,2798	13603,9533	26379,3022	12367,2303
0.8 mt	41772,4045	21756,4607	12117,5224	23496,9775	11015,9295
0.7 mt	38670,3511	20140,8079	11217,6651	21752,0725	10197,8774
0.6 mt	33040,6986	17208,6972	9584,59083	18585,393	8713,26439
bases	4200,69733	2187,8632	1218,55672	2362,89225	1107,77883
%	38%	20%	11%	21%	10%

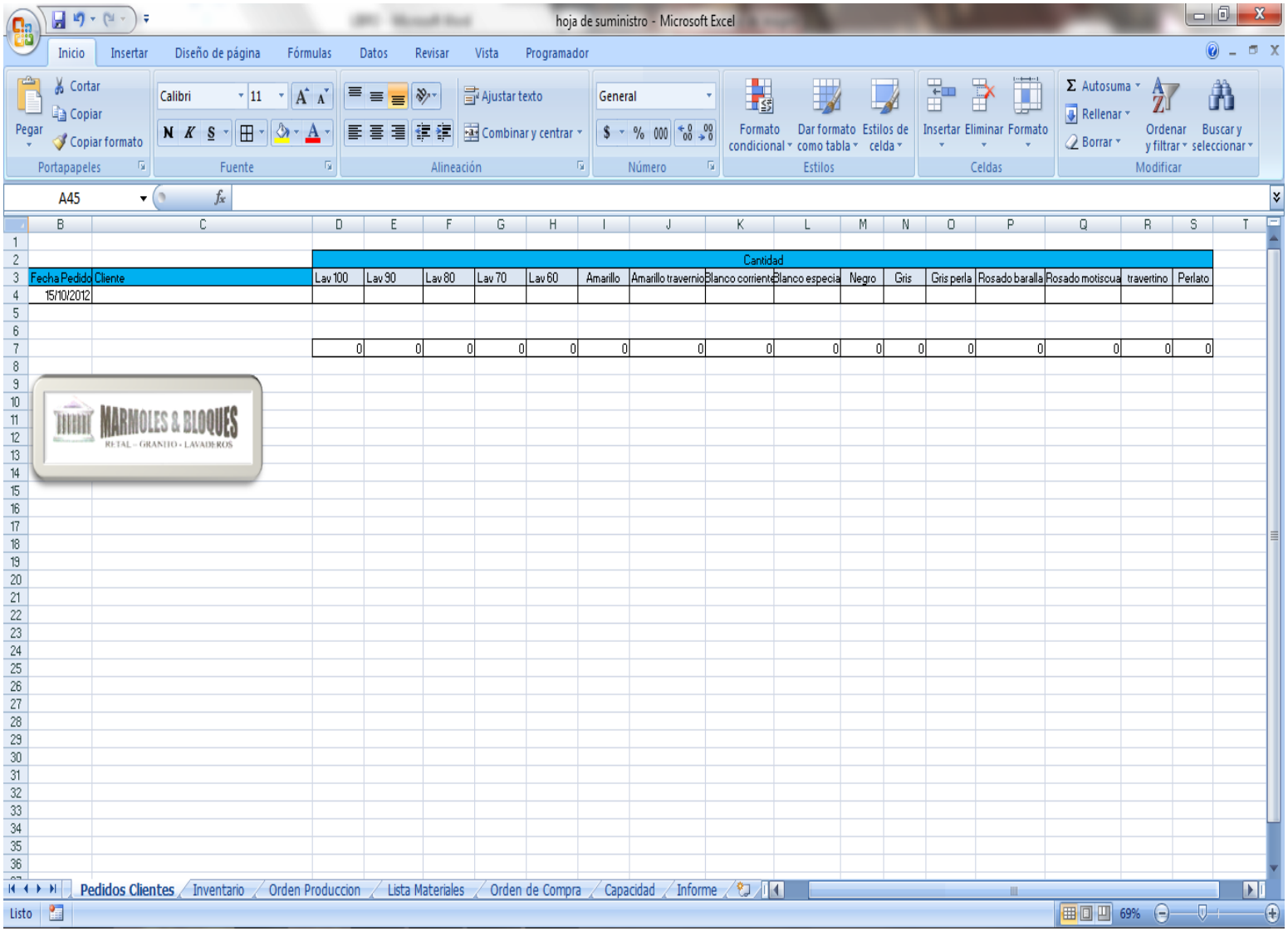
Anexo AA Materias primas a utilizar por referencia con Propuesta Alternativa N° 1 de mezcla

Producto	grano/Mezcla	marmolina/Mezcla	cemento/Mezcla	arena/Mezcla	agua/Mezcla
cm^3 Material /cm^3 Lavadero	0,30271136	0,4324448	0,161446059	0,12973344	0,23486558
1 mt	31.752,00	45.360,00	16.934,40	13.608,00	24.635,52
0.9 mt	29.654,82	42.364,02	15.815,90	12.709,21	23.008,37
0.8 mt	26.414,59	37.735,13	14.087,78	11.320,54	20.494,37
0.7 mt	24.453,02	34.932,89	13.041,61	10.479,87	18.972,44
0.6 mt	20.893,14	29.847,34	11.143,01	8.954,20	16.210,42
bases	2.656,29	3.794,70	1.416,69	1.138,41	2.060,95
%	24%	34%	13%	10%	19%

Anexo BB Materias primas a utilizar por referencia con Propuesta Alternativa N° 2 de mezcla

Producto	grano/Mezcla	marmolina/Mezcla	cemento/Mezcla	arena/Mezcla	agua/Mezcla
cm^3 Material /cm^3 Lavadero	0,38419187	0,32015989	0,128063956	0,25612791	0,17388239
1 mt	40.298,65	33.582,21	13.432,88	26.865,77	18.238,87
0.9 mt	37.636,97	31.364,14	12.545,66	25.091,31	17.034,21
0.8 mt	33.524,58	27.937,15	11.174,86	22.349,72	15.172,98
0.7 mt	31.035,02	25.862,52	10.345,01	20.690,01	14.046,22
0.6 mt	26.516,92	22.097,44	8.838,97	17.677,95	12.001,36
bases	3.371,28	2.809,40	1.123,76	2.247,52	1.525,82
%	30%	25%	10%	20%	14%

Anexo CC Hoja de Cálculo Pedidos Clientes



Anexo DD Hoja de Cálculo Inventarios

hoja de suministro - Microsoft Excel

Inventario Producto Terminado						
Referencia	LAV. 100 cm	LAV. 90 cm	LAV. 80 cm	LAV. 70 cm	LAV. 60 cm	Total
Cantidad						

Inventario Materias Primas													
	Granito	Amarillo	Amarillo travernio	Blanco corriente	Blanco especial	Negro	Gris	Gris perla	Rosado baralla	Rosado motiscua	travertino	Perlato	mixto
Tamaño	N° 1												
	N°2												
	N°2 1/2												
	N° 4												

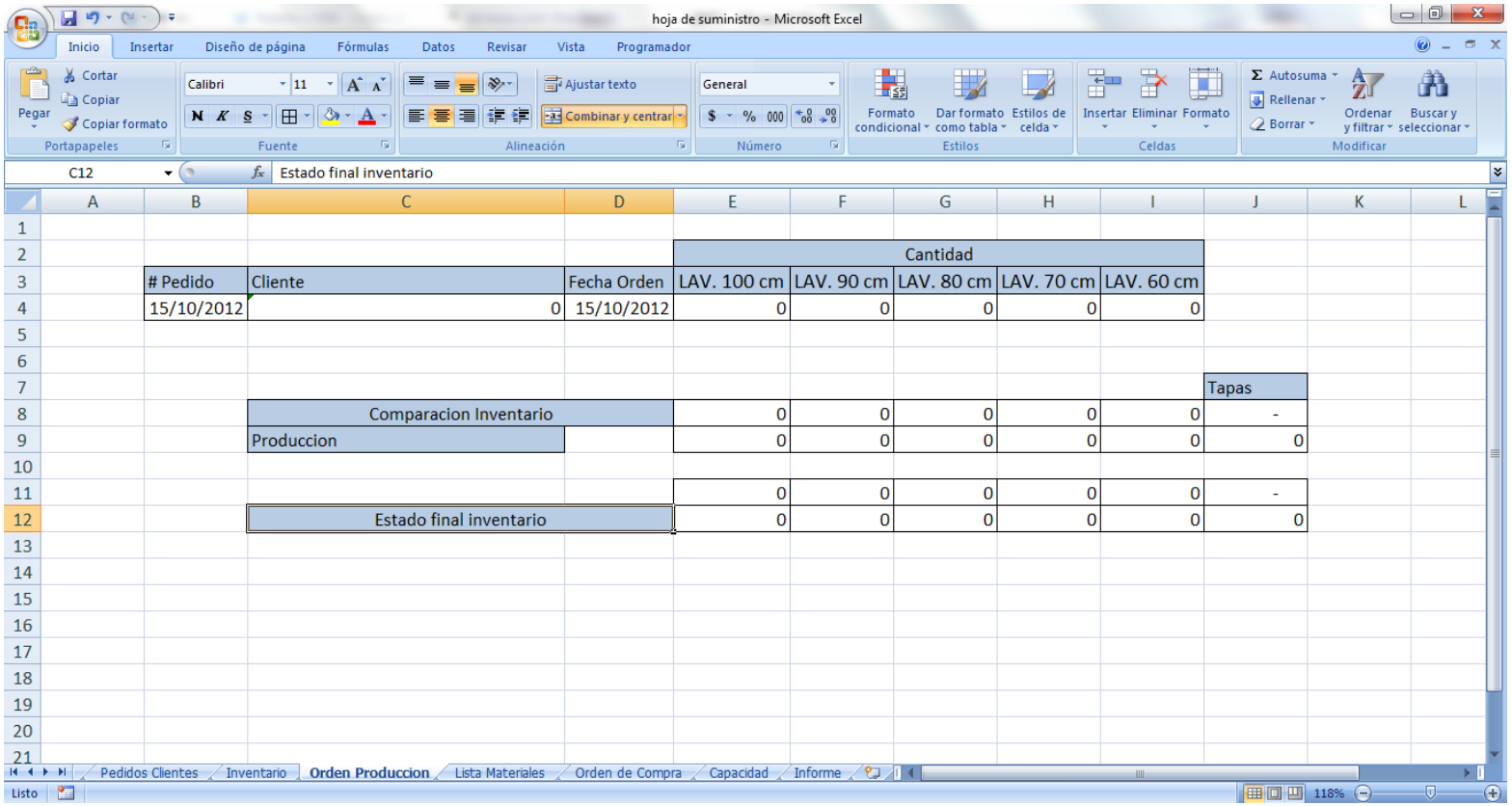
Materiales	Cemento	Arena	Tubo	Rejilla	Tapas
Cantidad					

Marmolina	Marmolina	Marmolina perlato
Cantidad		

Elementos	Piedras pulido
Cantidad	

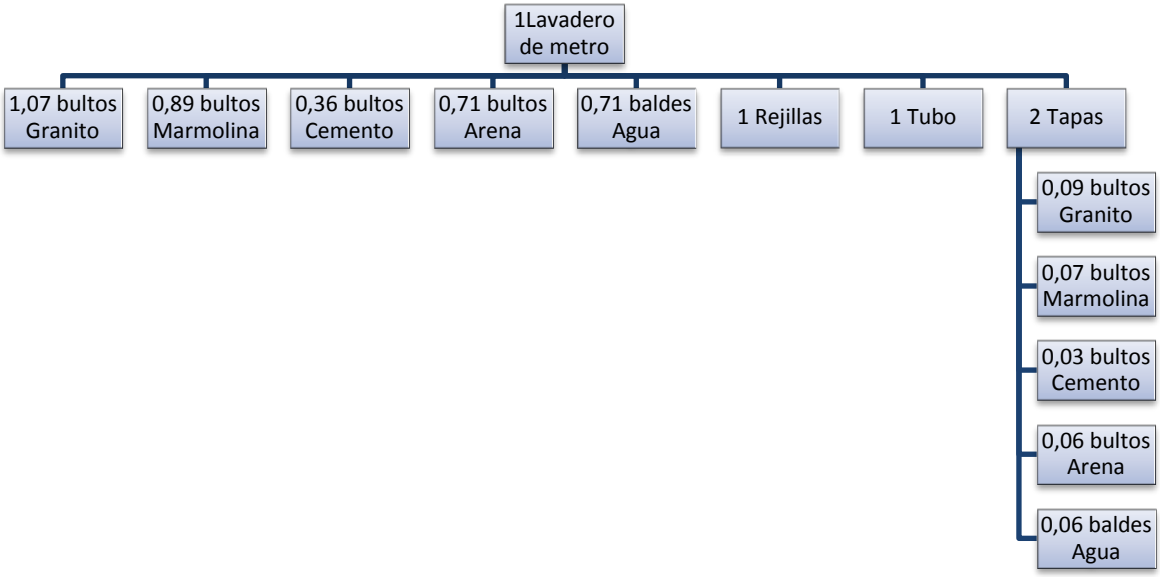
Pedidos Clientes | Inventario | Orden Produccion | Lista Materiales | Orden de Compra | Capacidad | Informe

Anexo EE Hoja de Cálculo Orden de Producción

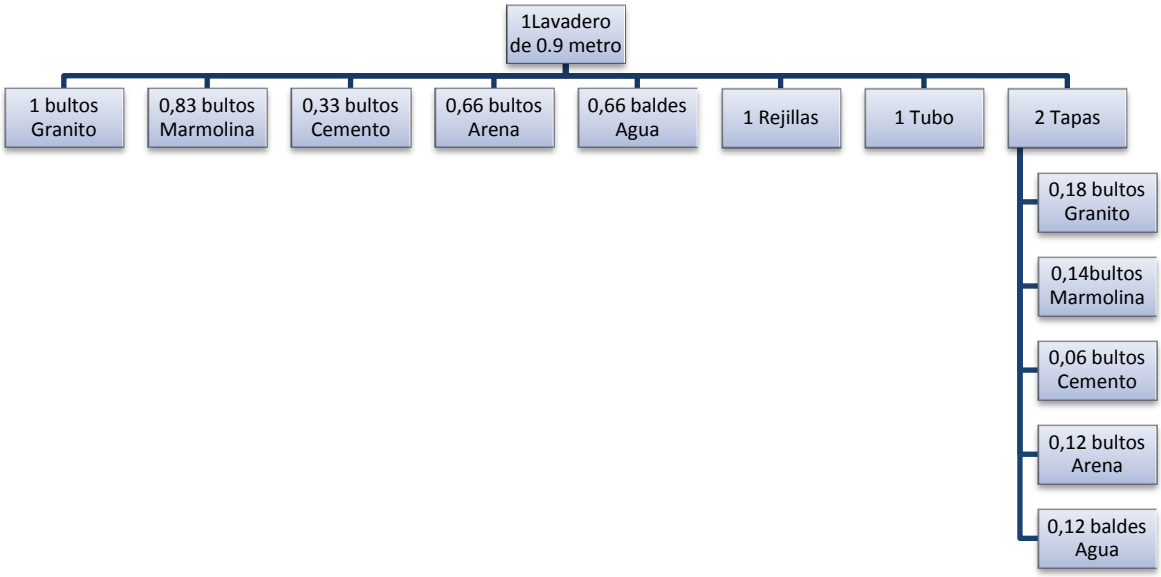


				Cantidad						
	# Pedido	Cliente	Fecha Orden	LAV. 100 cm	LAV. 90 cm	LAV. 80 cm	LAV. 70 cm	LAV. 60 cm		
	15/10/2012	0	15/10/2012	0	0	0	0	0		
									Tapas	
		Comparacion Inventario		0	0	0	0	0	-	
		Produccion		0	0	0	0	0	0	
				0	0	0	0	0	-	
		Estado final inventario		0	0	0	0	0	0	

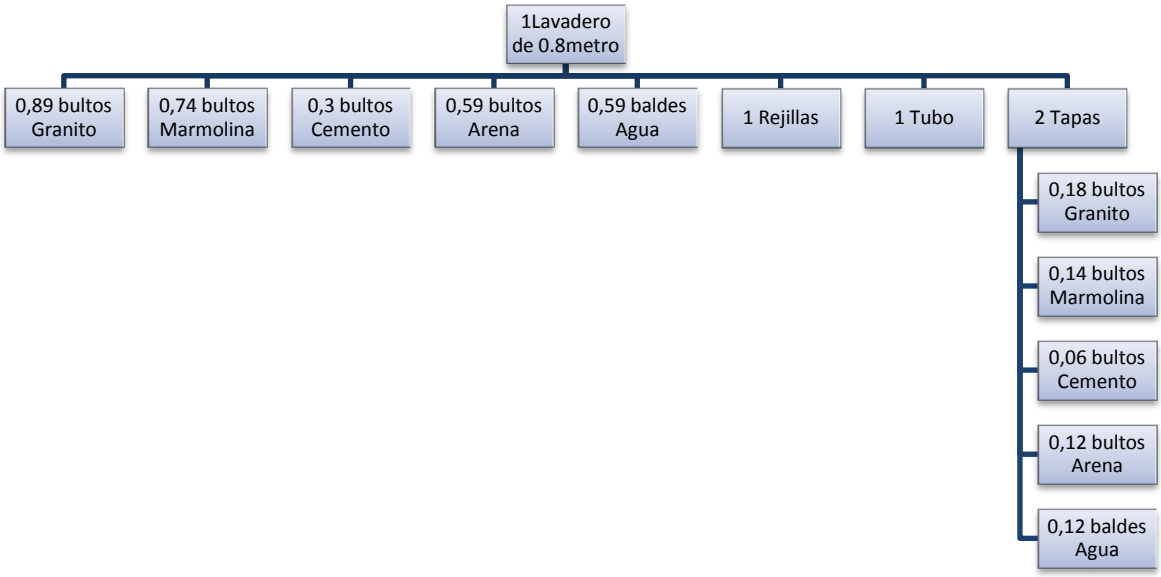
Anexo FF Materias Primas e Insumos para un lavadero de 1m



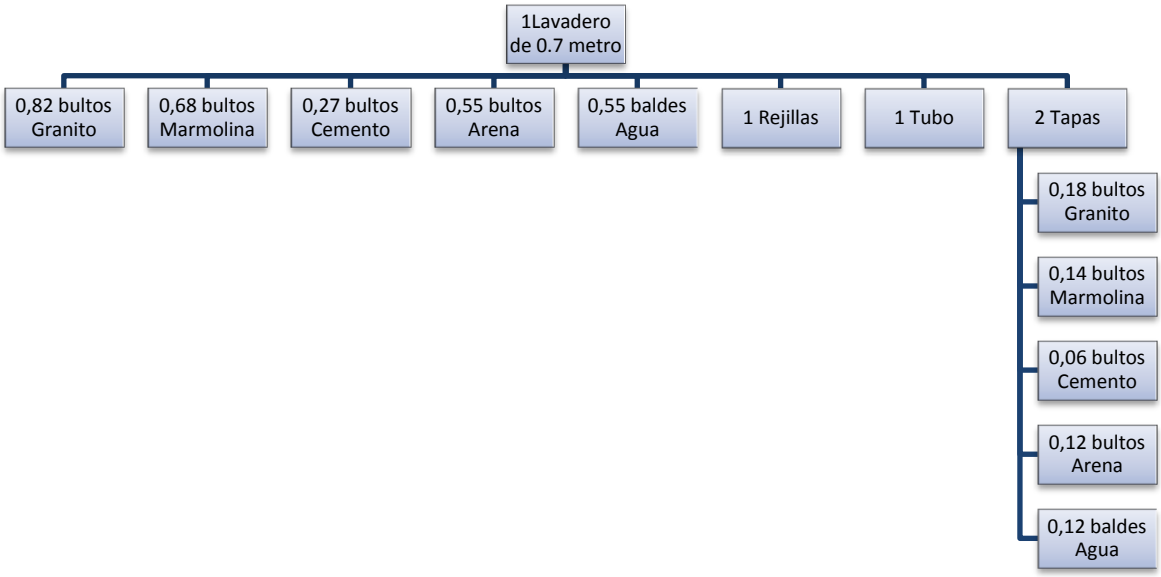
Anexo GG Explosión de Materiales del Lavadero de 0,9 metro



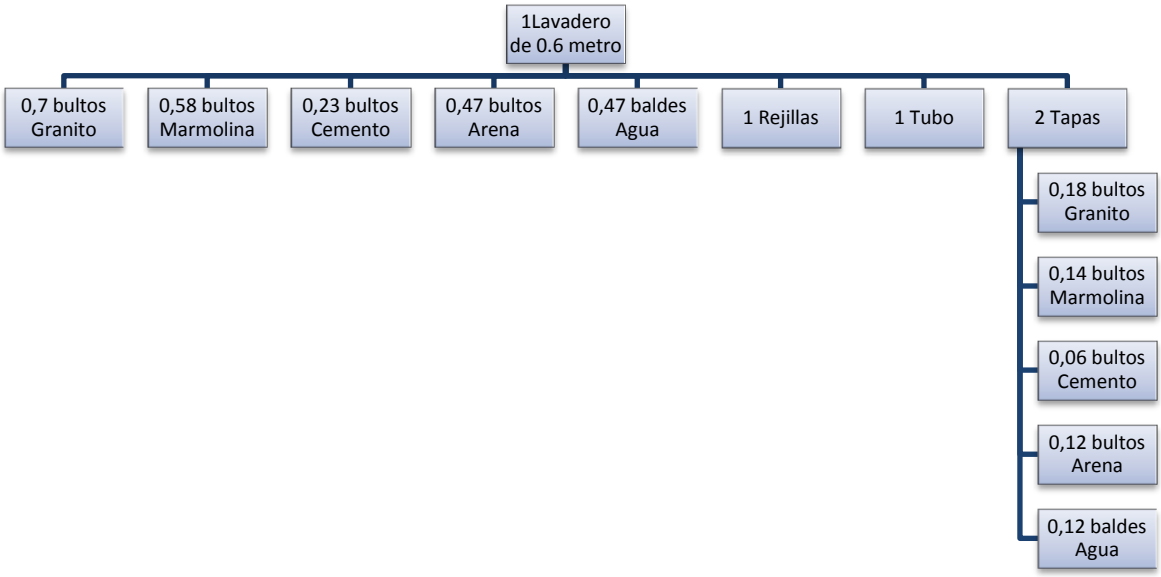
Anexo HH Explosión de Materiales del Lavadero de 0,8 metro



Anexo II Explosión de Materiales del Lavadero de 0,7 metro



Anexo JJ. Explosión de Materiales del Lavadero de 0,6 metro



Anexo KK Hoja de Cálculo Lista de Materiales

hoja de suministro - Microsoft Excel

	LAV. 100 cm	LAV. 90 cm	LAV. 80 cm	LAV. 70 cm	LAV. 60 cm
	0	0	0	0	0

LAV. 100 cm	Granito	Marmolina	Cemento	Arena	Agua	Rejillas	Tubo	Tapas
	1,07	0,89	0,36	0,71	0,71	1	1	2

LAV. 90 cm	Granito	Marmolina	Cemento	Arena	Agua	Rejillas	Tubo	Tapas
	1,00	0,83	0,33	0,66	0,66	1	1	2

LAV. 80 cm	Granito	Marmolina	Cemento	Arena	Agua	Rejillas	Tubo	Tapas
	0,89	0,74	0,30	0,59	0,59	1	1	2

LAV. 70 cm	Granito	Marmolina	Cemento	Arena	Agua	Rejillas	Tubo	Tapas
	0,82	0,68	0,27	0,55	0,55	1	1	2

LAV. 60 cm	Granito	Marmolina	Cemento	Arena	Agua	Rejillas	Tubo	Tapas
	0,70	0,58	0,23	0,47	0,47	1	1	2

Tapas	Granito	Marmolina	Cemento	Arena	Agua
	0,09	0,07	0,03	0,06	0,06

Total materiales	Granito	Marmolina	Cemento	Arena	Agua	Rejillas	Tubo	Tapas
	-	-	-	-	-	-	-	-

Total Materiales	Granito	Marmolina	Cemento	Arena	Agua
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Total materiales	Granito	Marmolina	Cemento	Arena	Agua	Rejillas	Tubo
	-	-	-	-	-	-	-

Pedidos Clientes / Inventario / Orden Produccion / Lista Materiales / Orden de Compra / Capacidad / Informe

Anexo LL Hoja de Cálculo Orden de Compra

hoja de suministro - Microsoft Excel

		Cantidad																		
	#Orden produccion	Granito	Marmolina	Cemento	Arena	Tubo	Rejilla		Amarillo	arillo traver	anco corrien	anco especi	Negro	Gris	Gris perla	osado baral	sado motisc	travertino	Perlato	mixto
	###########	-	-	-	-	-	-	Venta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inventario actual		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comparacion inventario		-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Orden de Compra		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Estado final inventario	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo MM Hoja de Cálculo Capacidad

hoja de suministro - Microsoft Excel

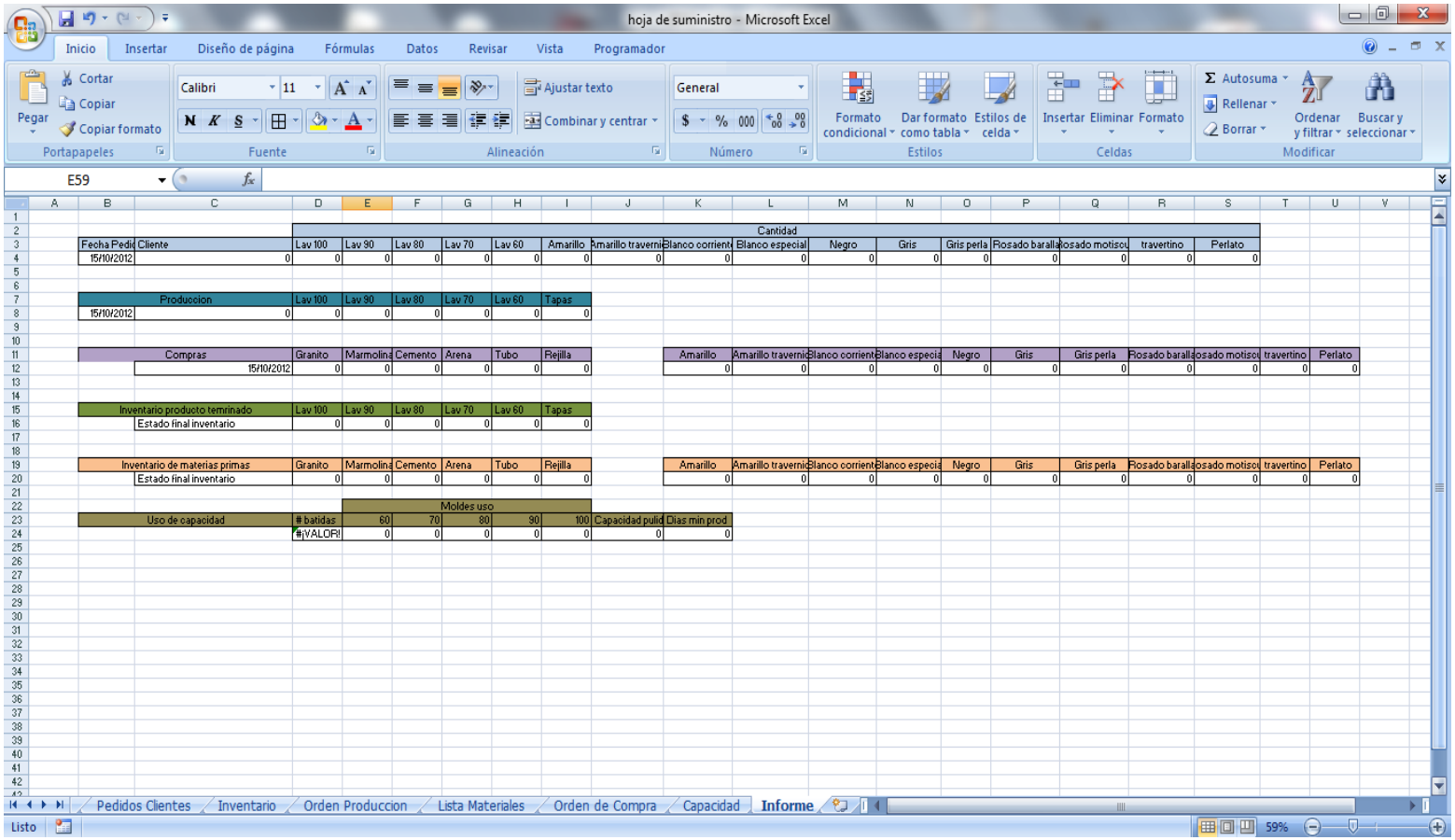
Centro de trabajo	# operarios	Unid./Hora	Turnos	Capacidad	
Mezclado	1	6,6		330725 cm³	
Moldeo		60/7,54+10,18		10	60
				6	70
				7	80
				6	90
				9	100
Pulido	3	60/25,54+14,54		21	
Retapado	3	60/20,42		21	
Empaque		60/24,54		1	

	LAV. 100	LAV. 90 cm	LAV. 80 cm	LAV. 70 cm	LAV. 60 cm	Tapas	Total Lav
Orden produccion	0	0	0	0	0	0	0
cm³	104892	97964	87260	80780	69020	8775	
Orden cm³	0	0	0	0	0	0	0

	# uso capacidad moldes						
# de batidas	60	70	80	90	100	capac pulid	capac empaque
#¡VALOR!	0	0	0	0	0	0	0
Prueba logica	0	0	0	0	0		

Pedidos Clientes / Inventario / Orden Produccion / Lista Materiales / Orden de Compra / Capacidad / Informe

Anexo NN Hoja de Cálculo Informe



hoja de suministro - Microsoft Excel

			Cantidad																			
Fecha Pedid	Cliente	Lav 100	Lav 90	Lav 80	Lav 70	Lav 60	Amarillo	Amarillo traverni	Blanco corriente	Blanco especial	Negro	Gris	Gris perla	Rosado baralla	osado motisou	travertino	Perlato					
15/10/2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					

Produccion		Lav 100	Lav 90	Lav 80	Lav 70	Lav 60	Tapas
15/10/2012	0	0	0	0	0	0	0

Compras		Granito	Marmolina	Cemento	Arena	Tubo	Rejilla	Amarillo	Amarillo traverni	Blanco corriente	Blanco especia	Negro	Gris	Gris perla	Rosado baralla	osado motisou	travertino	Perlato
	15/10/2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Inventario producto terminado	Lav 100	Lav 90	Lav 80	Lav 70	Lav 60	Tapas
Estado final inventario	0	0	0	0	0	0

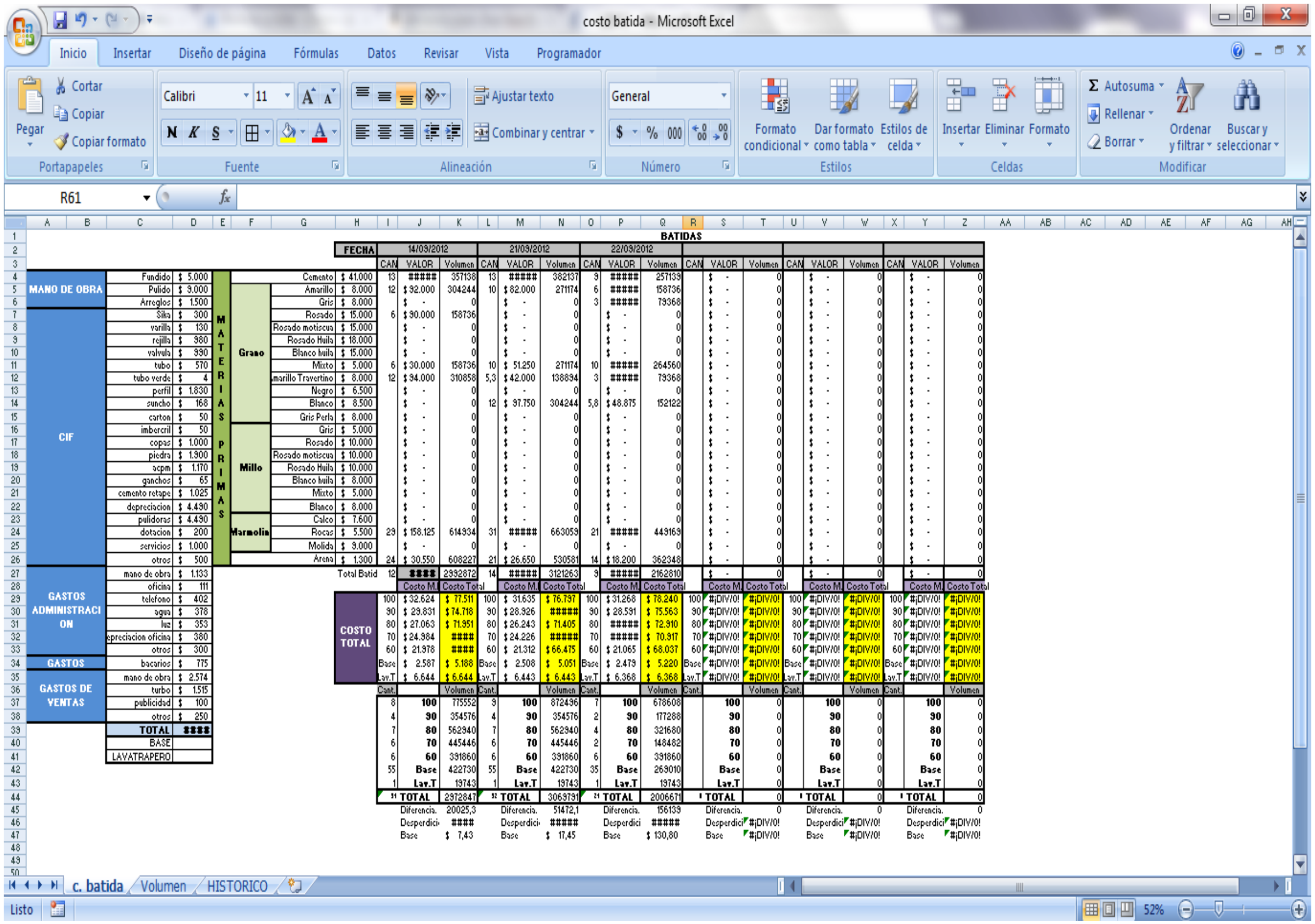
Inventario de materias primas	Granito	Marmolina	Cemento	Arena	Tubo	Rejilla	Amarillo	Amarillo traverni	Blanco corriente	Blanco especia	Negro	Gris	Gris perla	Rosado baralla	osado motisou	travertino	Perlato
Estado final inventario	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

		Moldes uso						
Uso de capacidad	# batidas	60	70	80	90	100	Capacidad pulid	Dias min prod
	#¡VALOR!	0	0	0	0	0	0	0

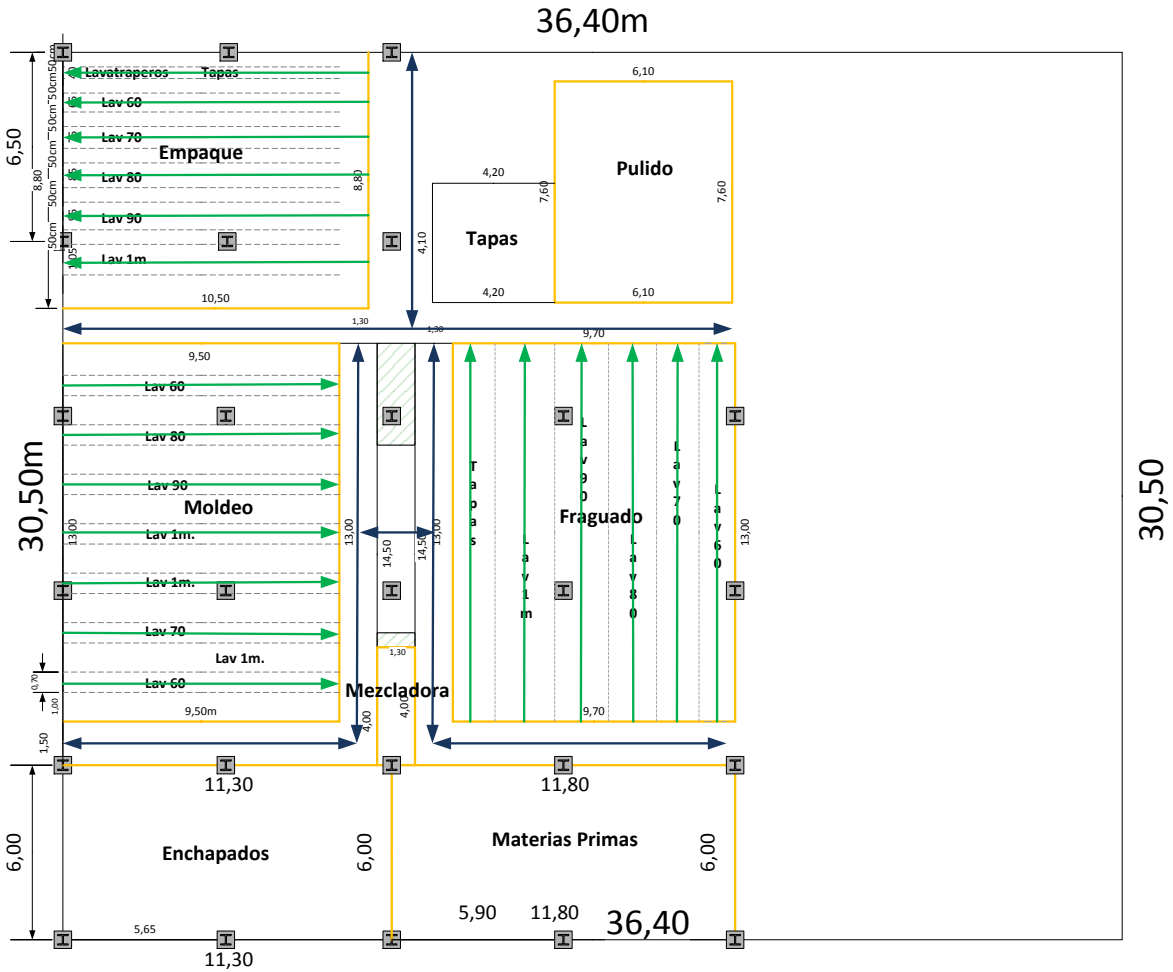
Pedidos Clientes | Inventario | Orden Produccion | Lista Materiales | Orden de Compra | Capacidad | Informe

Listo

Anexo OO Hoja de Cálculo Costo por Lavadero



Anexo PP Plano de pasillos y flujo de material



DIBUJADO POR	FECHA
ANDRES VILLAMIZAR MAYRA BUITRAGO	01/10/1012
DESCRIPCIÓN	**ESCALA**
VIAS DE LA PLANTA MARMOLES & BLOQUES	1: 150

Vía para transito de personal

Vía para transito de material

Anexo QQ MES Moldeo

MANUFACTURA ESTANDAR (MES)

MARMOLES & BLOQUES
RETAL – GRANITO - LAVADEROS

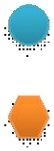
INSTRUCTIVO MANUFACTURA ESTANDAR

CENTRO DE TRABAJO	Moldeo

ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL	ELEMENTOS	SIMBOLOS
	Moldes, grapas, tubos y perfil.	Chequeo de calidad / Operación / Transporte

ITEM Nº	PASOS	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN (COMO)		¿POR QUÉ? / ¿PARA QUE?	OBSERVACIONES
1	**Armar contornos de los moldes.**			Ubique los contornos de tal manera que los orificios cacen y pueda insertar las grapas.	Para ajustar el molde y evitar la fuga de mezcla.	
2	**Engrasar los contornos y sus partes.**			Humedecer la esponja de ACPM.	El ACPM hace que la mezcla no se pegue al molde y permita retirar las partes.	
				Pasar la esponja por la parte interna del contorno.		
				Pasar la esponja por la parte externa del tanque, re fregadero y jabonera.		Humedecer bien todo el área de las rejillas.

MANUFACTURA ESTANDAR (MES)				
MARMOLES & BLOQUES RETAL – GRANITO - LAVADEROS		INSTRUCTIVO MANUFACTURA ESTANDAR		
		ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL	ELEMENTOS	SIMBOLOS
CENTRO DE TRABAJO	Moldeo		Moldes, grapas, tubos y perfil.	

ITEM Nº	PASOS	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN (COMO)		¿POR QUÉ? / ¿PARA QUE?	OBSERVACIONES
3	**Introducir platina dentro del molde.**			Colocar la platina dentro del molde, hasta que quede sobre el piso.	La platina marca el lugar donde debe ir el re fregadero y el tanque.	Verificar que la platina quede en la posición indicada y no levantada.
4	**Introducir el tanque.**			Tomar los ganchos e introducirlos en los orificios laterales del tanque para poderlo levantar y colocarlo en el lugar que le corresponde dentro del molde.	El tanque es una parte del lavadero.	Verificar que el tanque no quede sobre las platina, es decir que case bien en el espacio.
5	**Introducir el re fregadero.**			Colocar el re fregadero en el lugar que le corresponde dentro del molde.	El re fregadero es una parte del lavadero.	Verificar que el re fregadero case perfectamente en el espacio.

MANUFACTURA ESTANDAR (MES)			
MARMOLES & BLOQUES RETAL – GRANITO - LAVADEROS	INSTRUCTIVO MANUFACTURA ESTANDAR		
	ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL	ELEMENTOS	SIMBOLOS
		Moldes, grapas, tubos y perfil.	Chequeo de calidad Operación Transporte
CENTRO DE TRABAJO	Moldeo		

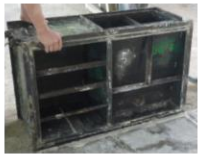
ITEM Nº	PASOS	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN (COMO)		¿POR QUÉ? / ¿PARA QUE?	OBSERVACIONES
6	**Introducir los perfiles.**			Primero ubica los perfiles que tienen la medida de cada referencia (2) y por ultimo los laterales de 56 cm (3).	De esta manera no desperdicia tiempo acomodando los perfiles.	
				Acomodar y verificar que los perfiles no queden levantados ni con espacios entre ellos.	Evita que el lavadero queden con los orillos torcidos.	Verificar la posición de los perfiles.
7	**Ubicar el tubo.**			Colocar el tubo sobre la rejilla del re fregadero	Evita que dentro del tubo quede mezcla.	
8	**Verter la mezcla en el molde.**			Verter mezcla al molde hasta que cubra el re fregadero.	Para luego poder introducir la jabonera.	Golpear molde para que la mezcle entre en los orillos.

MANUFACTURA ESTANDAR (MES)				
MARMOLES & BLOQUES RETAL – GRANITO - LAVADEROS		INSTRUCTIVO MANUFACTURA ESTANDAR		
		ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL	ELEMENTOS	SIMBOLOS
CENTRO DE TRABAJO	Moldeo		Moldes, grapas, tubos y perfil.	Chequeo de calidad Operación Transporte

ITEM Nº	PASOS	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN (COMO)		¿POR QUÉ? / ¿PARA QUE?	OBSERVACIONES
				Introducir la jabonera y ajustarla.	Evita las fugas de mezcla.	
				Echar mezcla hasta llenar el molde completamente	Para acabar de fundir el lavadero.	Esparcir la mezcla dejando pla la superficie

Anexo RR MES Retiro de Molde

MANUFACTURA ESTANDAR (MES)			
MARMOLES & BLOQUES RETAL – GRANITO - LAVADEROS	INSTRUCTIVO MANUFACTURA ESTANDAR		
	ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL	ELEMENTOS	SIMBOLOS
CENTRO DE TRABAJO: Retiro del molde		Moldes, grapas, tubos y perfil.	Chequeo de calidad / Operación / Transporte

ITEM Nº	PASOS	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN (COMO)		¿POR QUÉ? / ¿PARA QUE?	OBSERVACIONES
1	**Voltear molde.**			Voltear molde 90º, de tal manera que la jabonera quede en la parte superior.	Para poder retirar las partes del lavadero.	 Retirar platina una vez quede en posición.
2	**Retirar Re fregadero.**			Ubicar el extractor en el ángulo central.	Para que el re fregadero salga derecho (uniformemente).	
				Retirar el re fregadero, haciendo fuerza hacia el frente.	Retirar re fregadero.	
3	**Retirar Jabonera.**			Ubicar el extractor en el ángulo.	Para que la jabonera salga derecha (uniformemente).	Ajustar hacia la parte inferior del lavadero.

MANUFACTURA ESTANDAR (MES)				
MARMOLES & BLOQUES RETAL – GRANITO - LAVADEROS	INSTRUCTIVO MANUFACTURA ESTANDAR			
	ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL	ELEMENTOS	SIMBOLOS	
CENTRO DE TRABAJO	Retiro del molde		Moldes, grapas, tubos y perfil.	

ITEM Nº	PASOS	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN (COMO)		¿POR QUÉ? / ¿PARA QUE?	OBSERVACIONES
				Retirar la jabonera, haciendo fuerza hacia arriba.	Retirar Jabonera.	
4	**Retirar Tanque.**			Ubicar el extractor en el ángulo central.	Para que el tanque salga derecho (uniformemente).	
				Retirar el re fregadero, haciendo fuerza hacia el frente.	Retirar Tanque.	Ubicar rodillo para no desprender orillo inferior.

Dejar que el lavadero continúe con el proceso de Fraguado (Endurecimiento) para su posterior movimiento.

MANUFACTURA ESTANDAR (MES)				
MARMOLES & BLOQUES RETAL – GRANITO - LAVADEROS		INSTRUCTIVO MANUFACTURA ESTANDAR		
		ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL	ELEMENTOS	SIMBOLOS
CENTRO DE TRABAJO	Retiro del molde		Moldes, grapas, tubos y perfil.	Chequeo de calidad Operación Transporte

ITEM Nº	PASOS	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN (COMO)		¿POR QUÉ? / ¿PARA QUE?	OBSERVACIONES
5	**Voltear molde.**			Voltear molde 90º, de tal manera que la jabonera quede en la parte de el frente (posición inicial).	Retirar contornos.	
6	**Retirar contornos.**			Desajustar y retirar las grapas, y luego retirar contornos.	Obtener el lavadero fundido.	
7	**Transportar lavadero al Área de Fraguado.**			Ubicar estiba en la parte inferior de el lavadero sobre la carretilla.	Ubicar el lavadero sobre la estiba.	

MANUFACTURA ESTANDAR (MES)				
MARMOLES & BLOQUES RETAL – GRANITO - LAVADEROS	INSTRUCTIVO MANUFACTURA ESTANDAR			
	ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL	ELEMENTOS	SIMBOLOS	
CENTRO DE TRABAJO	Retiro del molde		Moldes, grapas, tubos y perfil.	

ITEM Nº	PASOS	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN (COMO)		¿POR QUÉ? / ¿PARA QUE?	OBSERVACIONES
				Girar lavadero, de tal manera que quede sobre la estiba y con la jabonera hacia arriba.	Movilizar lavadero.	Ser cuidadoso al manipular el lavadero ya que aun esta débil.
				Transportar el lavadero al área de fraguado.	El lavadero complete el proceso de Fraguado (endurecimiento).	 Dejar el lavadero en el lugar que corresponde según su referencia.

Anexo SS MES Destronque

MANUFACTURA ESTANDAR (MES)						
MARMOLES & BLOQUES RETAL – GRANITO - LAVADEROS			INSTRUCTIVO MANUFACTURA ESTANDAR			
			ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL	ELEMENTOS	SIMBOLOS	
CENTRO DE TRABAJO	Destronque			Pulidoras, Discos diamantados.		
ITEM Nº	PASOS	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN (COMO)		¿POR QUÉ? / ¿PARA QUE?	OBSERVACIONES
1	**Tomar el lavadero del área de Fraguado.**			Tomar del área de fraguado, según la referencia a pulir, el lavadero y transportarlo al área de pulido.	Iniciar con la operación de pulido.	Tomar los lavaderos que tengan mayor tiempo en fraguado, es decir, los que tienen la fecha mas antigua. (Por lo general son los primeros de cada fila)
2	**Pulir lavadero.**			Pulir el fondo del tanque con la rotosfera.	Con la rotosfera es posible pulir el fondo ya que el disco va por medio de una guaya.	
				Ubicar el lavadero para iniciar el proceso de pulido.	Ubicar el lavadero en disposición para se pulido.	El lavadero debe ubicarse sobre una estiba para que no se parta al momento de pulir.
				Pasar la pulidora por las caras que permita su posición.		 Todo este proceso se hace con el disco diamantado.

MANUFACTURA ESTANDAR (MES)				
MARMOLES & BLOQUES RETAL – GRANITO - LAVADEROS		INSTRUCTIVO MANUFACTURA ESTANDAR		
		ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL	ELEMENTOS	SIMBOLOS
CENTRO DE TRABAJO	Destronque		Pulidoras, Discos diamantados.	

ITEM Nº	PASOS	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN (COMO)		¿POR QUÉ? / ¿PARA QUE?	OBSERVACIONES
				Acomodar el lavadero de tal manera que se pulan todas las paredes.	Pulir todas las caras.	Poner soportes cada vez que se gire el lavadero.
3	**Revisar pulido.**			Revisar el lavadero de tal forma que se note el granito en sus paredes.	Darle la apariencia necesaria para que el granito de mármol se note en el lavadero.	

Anexo TT MES Pulido Fino

MANUFACTURA ESTANDAR (MES)						
MARMOLES & BLOQUES RETAL – GRANITO - LAVADEROS			INSTRUCTIVO MANUFACTURA ESTANDAR			
			ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL	ELEMENTOS	SIMBOLOS	
CENTRO DE TRABAJO	Pulido Fino			Pulidoras, Piedras 60.		
ITEM Nº	PASOS	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN (COMO)		¿POR QUÉ? / ¿PARA QUE?	OBSERVACIONES
1	**Pulir lavadero.**			Pasar la pulidora por las caras que permita su posición.	La piedra 60 deja las paredes lisas.	Todo este proceso se hace con una piedra 60.
				Acomodar el lavadero de tal manera que se pulan todas las paredes.	Pulir todas las caras.	Poner soportes cada vez que se gire el lavadero.
				Pulir el fondo del tanque con la rotosfera.	Con la rotosfera es posible pulir el fondo ya que el disco va por medio de una guaya.	
2	**Revisar y lavar el lavadero.**			Retirar restos de masilla que deja el pulido y revisar la apariencia del lavadero.	Darle terminación al lavadero.	

Anexo UU MES Retapado

MANUFACTURA ESTANDAR (MES)						
MARMOLES & BLOQUES RETAL – GRANITO - LAVADEROS			INSTRUCTIVO MANUFACTURA ESTANDAR			
			ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL	ELEMENTOS	SIMBOLOS	
CENTRO DE TRABAJO	Retapado			Válvulas, espátulas.	Chequeo de calidad / Operación / Transporte	
ITEM Nº	PASOS	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN (COMO)		¿POR QUÉ? / ¿PARA QUE?	OBSERVACIONES
1	**Llevar el lavadero al lugar de retapado.**			Trasladar el lavadero al lugar previamente asignado para la operación de retape.	Dar inicio a la operación de retapado	
2	**Preparar el cemento.**			Preparar mezcla (agua y cemento), dejándola no tan espesa.	Para poder pasarla por el lavadero y tape los poros que el lavadero tenga.	
3	**Retapado.**			Pasar con una esponja la mezcla por las paredes del lavadero.	Tapar los poros que deja el pulido.	Verificar que la mezcla entre en todos los poros del lavadero.

MANUFACTURA ESTANDAR (MES)					
MARMOLES & BLOQUES RETAL – GRANITO - LAVADEROS		INSTRUCTIVO MANUFACTURA ESTANDAR			
		ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL	ELEMENTOS	SIMBOLOS	
CENTRO DE TRABAJO	Retapado		Válvulas, espátulas.	Chequeo de calidad / Operación / Transporte	

ITEM Nº	PASOS	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN (COMO)		¿POR QUÉ? / ¿PARA QUE?	OBSERVACIONES
				Retirar con la espátula la mezcla, dejando la pared sin masas de cemento.	El cemento no tape los granos de mármol en el lavadero.	
4	**Poner válvulas al tanque y refregadero.**			Aplicar en los orillos de la válvula mezcla, un poco mas espesa que la utilizada en el retapado.	Pegar las válvulas.	
				Ubicar la válvula y ajustarla al orificio asignado para ella.	Poner válvulas al tanque y refregadero.	
5	**Revisar lavadero.**			Revisar imperfecciones o masas que puedan quedar en el lavadero.	No afectar la apariencia del lavadero.	

Anexo VV MES Reafinado

MANUFACTURA ESTANDAR (MES)						
MARMOLES & BLOQUES RETAL – GRANITO - LAVADEROS			INSTRUCTIVO MANUFACTURA ESTANDAR			
			ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL	ELEMENTOS	SIMBOLOS	
CENTRO DE TRABAJO	Reafinado			Pulidoras, Piedras 60.		
ITEM Nº	PASOS	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN (COMO)		¿POR QUÉ? / ¿PARA QUE?	OBSERVACIONES
1	**Tomar el lavadero retapado.**			Tomar el lavadero retapado, para hacerle un pulido fino.	Iniciar con la operación de pulido.	
2	**Pulir lavadero.**			Pulir el fondo del tanque con la rotosfera.	Con la rotosfera es posible pulir el fondo ya que el disco va por medio de una guaya.	
				Ubicar el lavadero para iniciar el proceso de pulido (reafinado).	Ubicar el lavadero en disposición para se pulido.	El lavadero debe ubicarse sobre una estiba para que no se parta al momento de pulir.
				Pasar la pulidora por las caras que permita su posición.		 Todo este proceso se hace con una piedra 60.

MANUFACTURA ESTANDAR (MES)				
MARMOLES & BLOQUES RETAL – GRANITO - LAVADEROS		INSTRUCTIVO MANUFACTURA ESTANDAR		
		ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL	ELEMENTOS	SIMBOLOS
CENTRO DE TRABAJO	Reafinado		Pulidoras, Piedras 60.	Chequeo de calidad / Operación / Transporte

ITEM Nº	PASOS	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN (COMO)		¿POR QUÉ? / ¿PARA QUE?	OBSERVACIONES
				Acomodar el lavadero de tal manera que se pulan todas las paredes.	Pulir todas las caras.	Poner soportes cada vez que se gire el lavadero.
3	**Revisar pulido.**			Revisar el lavadero de tal forma que se note el granito en sus paredes.	Darle la apariencia necesaria para que el granito de mármol se note en el lavadero.	
4	**Transportar el lavadero al área de empaque.**			Llevar lavadero para que sea arreglado y empacado.	Poder ser entregado al cliente.	Dejar el lavadero en la fila correspondiente a su referencia en el área de empaque.

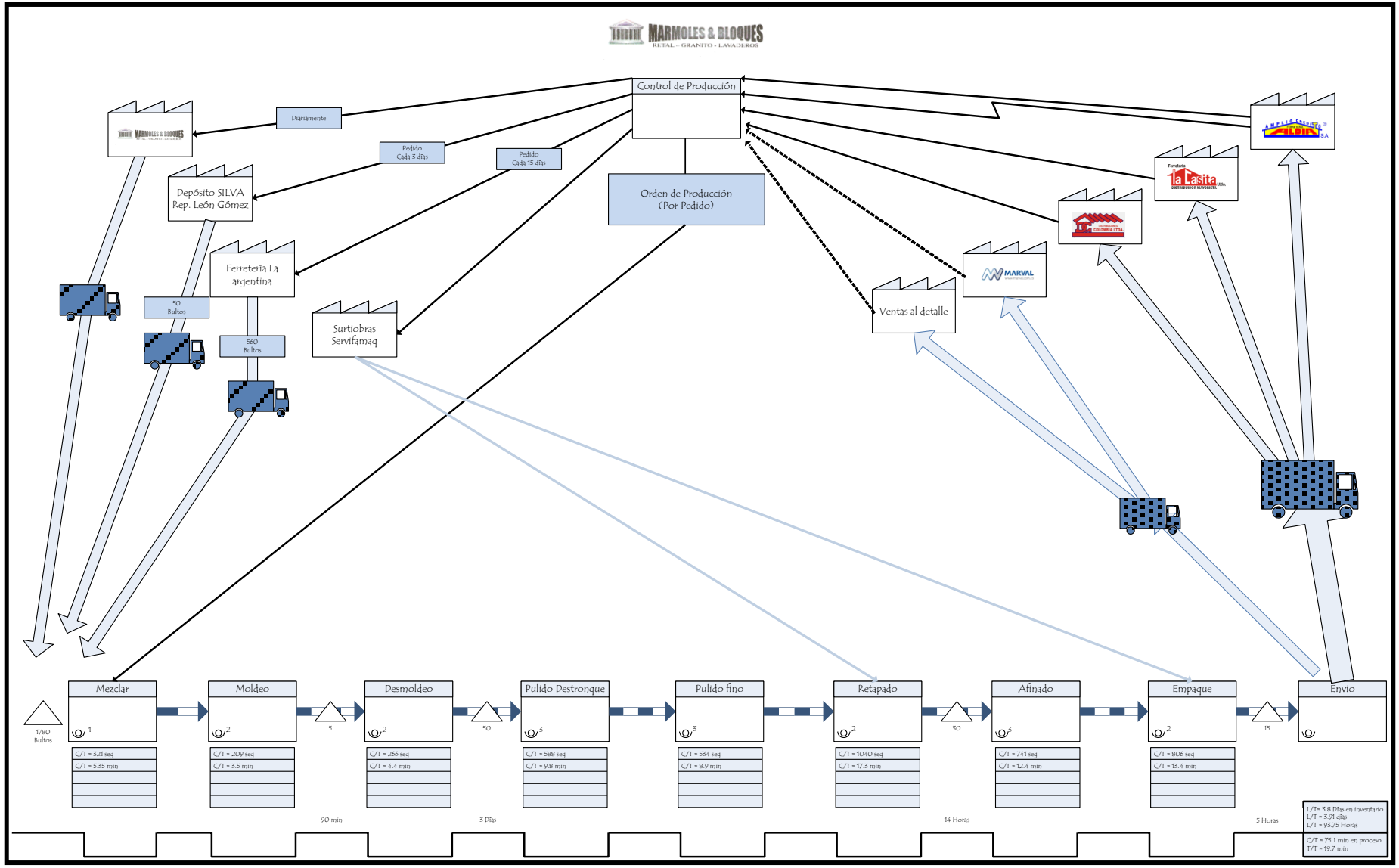
Anexo WW MES Empaque

MANUFACTURA ESTANDAR (MES)						
MARMOLES & BLOQUES RETAL – GRANITO - LAVADEROS			INSTRUCTIVO MANUFACTURA ESTANDAR			
			ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL	ELEMENTOS	SIMBOLOS	
CENTRO DE TRABAJO	Empaque			Zuncho, ganchos, cartón.		
ITEM Nº	PASOS	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN (COMO)		¿POR QUÉ? / ¿PARA QUE?	OBSERVACIONES
1	**Poner zuncho al lavadero.**			Tomar y medir el zuncho en el lavadero.	Iniciar el empaque.	
				Poner el gancho en el zuncho, dejándolo listo en el lavadero sin ajustarlo.		
2	**Poner Cartón.**			Tomar el cartón y cortarlo del tamaño previamente dicho.	Ponerlo en las esquinas del lavadero.	 El cartón debe ser lo suficientemente grande para que proteja las esquinas.
				Doblar cartón y ubicarlo en las esquinas del lavadero.	Proteger las esquinas.	

MANUFACTURA ESTANDAR (MES)						
MARMOLES & BLOQUES RETAL – GRANITO - LAVADEROS			INSTRUCTIVO MANUFACTURA ESTANDAR			
			ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL	ELEMENTOS	SIMBOLOS	
CENTRO DE TRABAJO	Empaque			Zuncho, ganchos, cartón.	Chequeo de calidad / Operación / Transporte	
ITEM Nº	PASOS	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN (COMO)		¿POR QUÉ? / ¿PARA QUE?	OBSERVACIONES
3	**Terminar empaque.**			Cuando estén las cuatro esquinas con cartón se ajusta el zuncho y se corta.	Terminar el proceso de empaque.	
4	**Revisar el lavadero.**			Hacer los arreglos pertinentes para ser entregado al cliente.	Entregarlo al cliente.	

Anexo XX Gestión Visual

Anexo YY VSM Mármoles y Bloques (Nuevo)



Anexo ZZ Tabla de tiempos operación Mezclado Nuevo Yamazumi

Actividad	tiempo (segundos)			Prom
	Manual	Movimiento	Maquina	
Cargar agua	x			20
Desplazamiento MP		x		11
Carga MP	x			12
Desplazamiento MP		x		9
Carga MP	x			12
Encender maquina	x			19
Ciclo de maquina			x	226
Desplazamiento MP		x		13
Carga MP	x			11
Desplazamiento MP		x		13
Carga MP	x			12
Desplazamiento MP		x		12
Carga MP	x			11
Desplazamiento MP		x		8
Carga MP	x			10
Manipulación y revisión	x			24
Desplazamiento MP		x		7
Carga MP	x			12
Manipulación y revisión	x			71
Desplazamiento MP		x		18
Vierte mezcla	x			17

Anexo AAA Tabla de tiempos operación Moldeo Nuevo Yamazumi

Actividad	tiempo (segundos)			1	2	Prom
	Manual	Movimiento	Maquina			
Desplazamiento		x		17	14	15,5
Acomodar perfil	x			28	31	29,5
Acomodar tubo	x			10	13	11,5
Vierte mezcla	x			35	30	32,5
Introducir jabonera	x			25	27	26
Vierte mezcla	x			48	49	48,5
Arreglo mezcla	x			44	48	46

Anexo BBB Tabla de tiempos operación Retiro de Molde Nuevo Yamazumi

Actividad	tiempo (segundos)			1	2	Prom
	Manual	Movimiento	Maquina			
Giran molde		x		11	14	12,5
Retirar marco	x			5	7	6
Desplazamiento		x		19	15	17
Ubicar extractor	x			24	27	25,5
Retirar refregadero	x			56	52	54
Ubicar extractor	x			29	24	26,5
Retirar tanque	x			33	30	31,5
Ubicar extractor	x			32	26	29
Retirar jabonera	x			25	22	23,5
Girar molde		x		11	8	9,5
Retirar contornos	x			29	33	31

Anexo CCC Tabla de tiempos operación Pulido Destronque de Molde Nuevo Yamazumi

Actividad	tiempo (segundos)			Prom
	Manual	Movimiento	Maquina	
Pulido	x			113
Revisión	x			18
Transportar lavadero		x		45
Preparación y Transporte lavadero	x			55
Pulido	x			206
Reacomodos		x		38
Pulido	x			80
Reacomodos		x		29

Anexo DDD Tabla de tiempos operación Pulido Fino de Molde Nuevo Yamazumi

Actividad	tiempo (segundos)			Prom
	Manual	Movimiento	Maquina	
Pulido	x			92
Reacomodo		x		15
Pulido	x			109
Reacomodo		x		17
Control y Lavado	x			81
Transporte Lavadero		x		26
Pulido	x			168
Reacomodo		x		16

Anexo EEE Tabla de tiempos operación Retapado de Molde Nuevo Yamazumi

Actividad	tiempo (segundos)			prom
	Manual	Movimiento	Maquina	
Preparar Mezcla	x			75
Repatar	x			467
Reacomodar		x		18
Preparar Mezcla	x			29
Retapar	x			346
Poner valvula	x			90
Ubicar lavadero		x		15

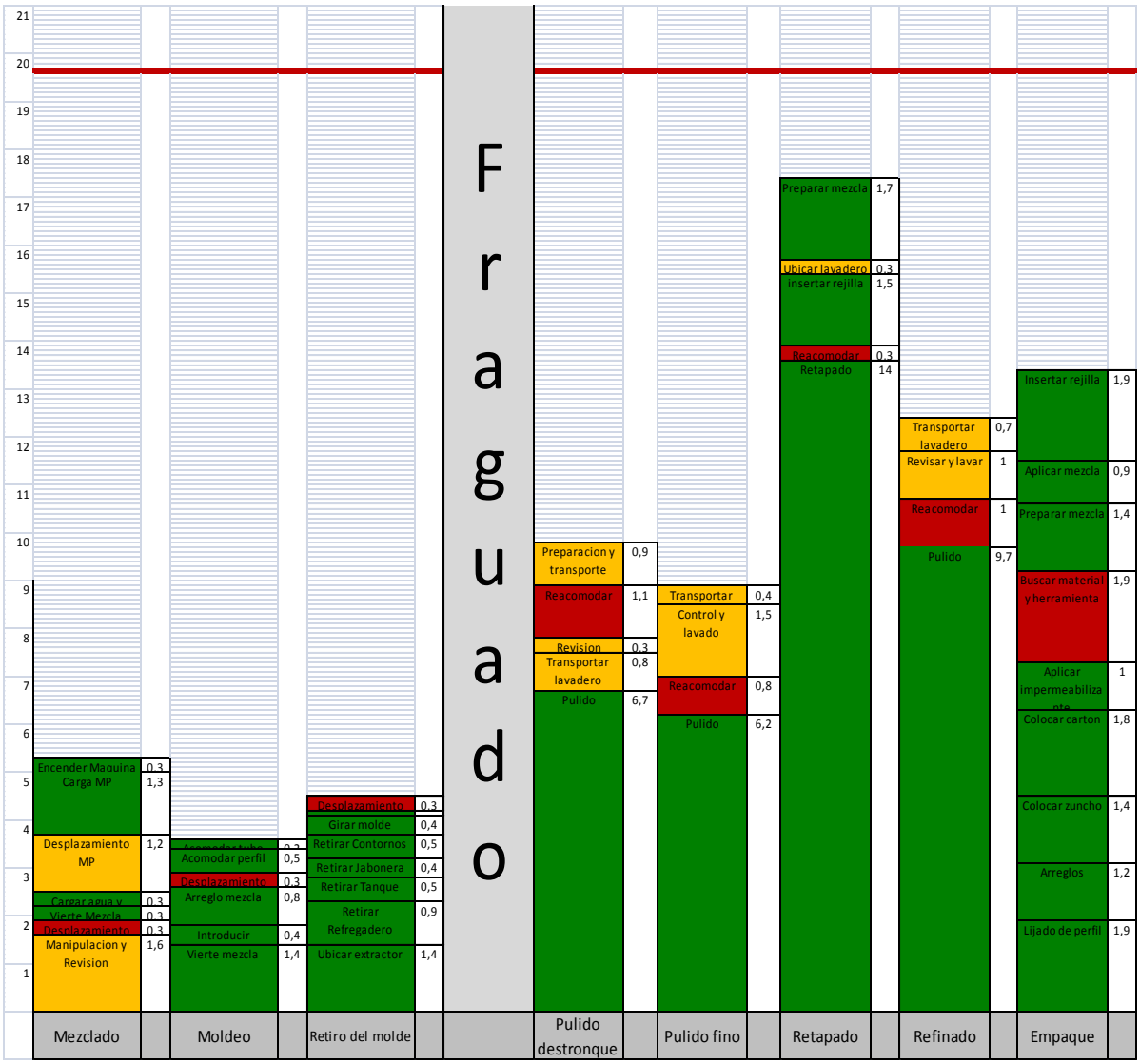
Anexo FFF Tabla de tiempos operación Refinado de Molde Nuevo Yamazumi

Actividad	tiempo (segundos)			prom
	Manual	Movimiento	Maquina	
Revisar y Lavar	x			57
Transporte Lavadero		x		42
Pulido	x			244
Reacomodar		x		36
Pulido	x			148
Reacomodar		x		21
Pulido	x			191

Anexo GGG Tabla de tiempos operación Empaque de Molde Nuevo Yamazumi

Actividad	tiempo (segundos)			prom
	Manual	Movimiento	Maquina	
Buscar Material o herramienta		x		112
Preparar mezcla	x			50
Aplicar mezcla	x			53
Insertar Rejilla	x			113
Lijado de perfil	x			115
Preparar mezcla	x			35
Arreglos	x			73
Colocar Zuncho	x			44
Colocar Cartón	x			57
Colocar Zuncho	x			40
Colocar Cartón	x			52
Aplicar Impermeabilizante	x			62

Anexo HHH Apilamiento Yamazumi (Nuevo)



Anexo BI Tabla de inversión durante el desarrollo del proyecto

Inversión		
Descripción		$
Laminas		4.390.000
Ángulos		1.100.000
Mano de obra	Corte	1.930.000
	Armada	4.500.000
Arreglos		450.000
Otros		500.000
Total Moldes		**12.870.000**
Costo unidad lavadero de 1 metro		77.750
Costo 20 unidades lavadero de 1 metro diseño de experimento		**1.555.000**
Gestión Visual		1.100.000
Sistema de Riego		150.000
Total		**15.675.000**