

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL  
LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL  
PROYECTO DE GRADUACIÓN

**GRUPO PEDREGAL,**

**En sus empresas Quebradores Pedregal y Bloques Pedregal**

DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE PROCESO PARA LA CORRECTA  
EJECUCIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD EN LOS AGREGADOS, BLOQUES,  
ADOQUINES Y COMPLEMENTOS FABRICADOS EN LOS 11 CENTROS DE  
PRODUCCIÓN DE GRUPO PEDREGAL

**REALIZADO POR:**

ESTEFANY CERDAS PACHECO

**PROFESOR ASESOR:**

ING. FRANKLIN ACUÑA ARIAS, MBA

**ASESOR INDUSTRIAL:**

ING. GERMAN GOMEZ SANDOVAL

NOVIEMBRE, 2017

## CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA

El presente Proyecto de Graduación titulado "Diseño de una propuesta de proceso para una correcta ejecución del control de calidad en los agregados, bloques, adoquines y complementos fabricados en los 11 centros de producción de Grupo Pedregal", durante el II Semestre de 2017, ha sido defendido, ante el Tribunal Examinador integrado por los profesores Ing. Erick Pérez Murillo e Ing. Luis Eladio Rodríguez Gonzalez; como requisito para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Producción Industrial, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

La orientación y supervisión del proyecto desarrollado por el estudiante, estuvo a cargo del profesor asesor Ing. Franklin Acuña Arias. MBA

Este documento y su defensa ante el Tribunal Examinador han sido declarados:

Públicos

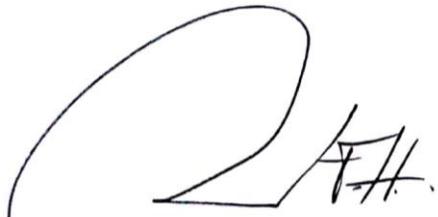
Confidenciales



Ing (a). Erick Pérez Murillo. MAE.  
Profesor Evaluador



Ing(a). Luis Eladio Rodríguez González. MAE.  
Profesor Evaluador



Ing (a). Franklin Acuña Arias. MBA.  
Profesor Asesor



Srta. Estefany Cerdas Pacheco.  
Estudiante

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a **Dios** por estar conmigo en todo momento y por concederme la salud y la fortaleza necesaria para culminar esta importante etapa de mi vida.

A mi madre **Elieth** y a mi padre **Carlos**, por enseñarme el valor del esfuerzo y del trabajo y por brindarme su amor y apoyo incondicional durante estos cinco años de estudio.

A mis hermanos **Krissia, Jáírol y Kanddy** y a mis **sobrinos** por toda la ayuda y motivación que me brindaron para lograr llegar hasta aquí.

A mi novio **Anthony** por brindarme su amor y comprensión y por ser mi apoyo en los momentos más difíciles.

A mis **amigos y compañeros** con los que tuve la dicha de compartir y vivir grandes experiencias.

A mis **profesores** por todo su tiempo, paciencia y dedicación y en especial a el **Ing. Franklin Acuña Arias** por asesorarme en este proyecto e impulsarme a dar lo mejor de mí.

A las personas de **Grupo Pedregal** por abrirme las puertas y brindarme la confianza para desarrollar este proyecto en su empresa.

A todos ellos gracias por acompañarme y por ser parte de esta experiencia.

## DEDICATORIA

*Dedicado a Dios y a mis padres Elieth y Carlos  
por ser siempre mi motor e inspiración*

"La calidad empieza en la gente, no en las cosas"

**Philip Crosby**

# ÍNDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iii</b>
<b>EPIGRAFE</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>x</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xiii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
A. Identificación de la empresa.....	1
1. Visión / misión de la empresa:.....	1
2. Antecedentes históricos: .....	2
3. Ubicación geográfica de la planta:.....	3
4. Estructura organizativa: .....	4
5. Número de empleados: .....	5
6. Tipos de productos y sus características generales: .....	5
7. Mercados de comercialización: .....	11
8. Descripción general del proceso productivo: .....	11
B. Justificación del estudio .....	14
C. Objetivos del estudio .....	15
1. Objetivo General:.....	15
2. Objetivos Específicos:.....	15
D. Alcances y Limitaciones.....	16
1. Alcances: .....	16
2. Limitaciones.....	16
E. Análisis de involucrados.....	18
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>21</b>
<b>III. METODOLOGÍA DEL PROYECTO</b> .....	<b>42</b>
A. Metodología por desarrollar: .....	42
1. Definir .....	42
2. Medir.....	43

3. Analizar .....	44
5. Verificar: .....	46
B. Matriz metodológica del proyecto.....	48
<b>IV. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....</b>	<b>51</b>
A. Análisis de la estructura procedimental.....	51
B. Identificación de clientes internos y externos del proceso .....	54
C. Identificación de las necesidades del cliente.....	56
D. Priorización de necesidades .....	59
E. Establecimiento de requerimientos de diseño.....	66
F. Críticos de calidad.....	74
G. Medición del trabajo en el laboratorio de control de calidad .....	75
H. Relación entre normalización y requerimientos de diseño .....	90
I. Conclusiones de la situación actual .....	92
<b>V. DISEÑO DE LA PROPUESTA .....</b>	<b>94</b>
A. Estructura del proceso a diseñar .....	95
1. Definición de la estructura general del proceso.....	95
2. Matriz de asignación de responsabilidades .....	98
B. Recursos por involucrar en el diseño.....	100
1. Recurso para planificación de muestreo.....	101
2. Equipo para la toma de muestras y ejecución de ensayos.....	109
3. Recurso humano .....	111
4. Recurso de transporte .....	114
5. Recursos para gestión de información.....	115
C. Diseño de propuesta de proceso con base en 2 escenarios .....	118
1. Presentación y comparación de escenarios.....	118
2. Diagramas de flujo para el diseño del proceso.....	120
D. Análisis económico de las propuestas.....	134
1. Costos totales de las propuestas de proceso .....	134
2. Cálculo de VAC y CAE para cada propuesta.....	143
3. Discusión de resultados .....	145
<b>VI. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....</b>	<b>147</b>
A. Modelado y simulación del proceso .....	147
1. Modelado de las propuestas.....	147

2. Simulación de las propuestas.....	153
C. Validación de propuestas por criterio de experto.....	158
1. Planes de implementación de las propuestas .....	161
2. Plan de implementación programa 5s.....	161
<b>VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>191</b>
A. Conclusiones .....	191
B. Recomendaciones .....	193
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>194</b>
<b>APÉNDICES .....</b>	<b>196</b>
Apéndice 1. Plantilla de evaluación Poder-Interés .....	197
Apéndice 2. Cuestionario evaluación del sistema de calidad .....	198
Apéndice 3. Cuestionario Kano.....	201
Apéndice 4. Plantilla para el estudio de tiempos.....	203
Apéndice 5. Plantilla para el estudio de muestreo de trabajo .....	204
Apéndice 6. Pantallas plantilla de planificación de muestreo.....	205
Apéndice 7. Lista de chequeo para evaluar la necesidad de equipo.....	212
Apéndice 8. Plantilla para evaluación 5s.....	215
Apéndice 9. Recibos de entrega y recibo de muestras.....	217
Apéndice 10. Diagrama de flujo propuesta 1 .....	218
Apéndice 11. Diagrama de flujo propuesta 2.....	219
Apéndice 12. Resultado de estudio de tiempos .....	220
Apéndice 13. Resultado de flujo de análisis económico de propuesta #1 .....	223
Apéndice 14. Resultado de flujo de análisis económico de propuesta #2 .....	224
Apéndice 15. Modelado de simulación, propuesta de proceso 1 .....	225
Apéndice 16. Modelado de simulación, propuesta de proceso 2 .....	226
Apéndice 17. Perfil breve de expertos evaluadores .....	227
Apéndice 18. Calificación de los expertos.....	229
<b>ANEXOS.....</b>	<b>231</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
Cuadro No. 1.	Cuadro de productos familia Agregados, Quebradores Pedregal. ....	6
Cuadro No. 2.	(Continuación) Cuadro de productos familia Agregados, Quebradores Pedregal. ....	7
Cuadro No. 3.	Cuadro de productos familia Bloques, Bloques Pedregal. ....	7
Cuadro No. 4.	(Continuación) Cuadro de productos familia Bloques, Bloques Pedregal. ....	8
Cuadro No. 5.	Cuadro de productos familia Adoquines, Bloques Pedregal. ....	8
Cuadro No. 6.	(Continuación) Cuadro de productos familia Adoquines, Bloques Pedregal. ....	9
Cuadro No. 7.	Cuadro de productos familia Complementos, Bloques Pedregal. ....	10
Cuadro No. 8.	Fabricación de producto según centro de producción .....	11
Cuadro No. 9.	Diagrama SIPOC familia agregados .....	12
Cuadro No. 10.	Diagrama SIPOC grupo bloques .....	13
Cuadro No. 11.	Niveles de poder e interés de las partes interesadas del proyecto .....	19
Cuadro No. 12.	Número recomendado de ciclos de observación .....	33
Cuadro No. 13.	Holguras recomendadas por ILO .....	34
Cuadro No. 14.	Descripción figuras de un diagrama de flujo .....	38
Cuadro No. 15.	Interpretación del VAN .....	39
Cuadro No. 16.	Cuadro de matriz metodológica del proyecto .....	48
Cuadro No. 17.	(Continuación) Cuadro de matriz metodológica del proyecto .....	49
Cuadro No. 18.	(Continuación) Cuadro de matriz metodológica del proyecto .....	50
Cuadro No. 19.	Lista de chequeo para el análisis de la estructura procedimental .....	53
Cuadro No. 20.	SIPOC para identificación de clientes internos y externos .....	55
Cuadro No. 21.	Cuadro de requerimientos identificados según procedimiento .....	58
Cuadro No. 22.	Resumen de resultados cuestionario Kano .....	62
Cuadro No. 23.	(Continuación) Resumen de resultados de cuestionario Kano .....	63
Cuadro No. 24.	Resultado de priorización de los requerimientos según el Modelo Kano .....	65
Cuadro No. 25.	Clasificación de características de diseño .....	71
Cuadro No. 26.	Resultado del estudio de tiempos .....	79
Cuadro No. 27.	Tipos de informes de calidad según tipo de ensayos realizados .....	80
Cuadro No. 28.	Resumen resultados de estudio de muestreo de trabajo .....	81
Cuadro No. 29.	Estimación de tiempo efectivo semanal .....	84
Cuadro No. 30.	Resumen tiempo efectivo de ensayos .....	85
Cuadro No. 31.	Tandas de ensayos por técnico y su duración .....	86
Cuadro No. 32.	Cálculo total de informes de calidad realizables semanalmente .....	89
Cuadro No. 33.	Relación entre características de diseño y normas técnicas .....	91
Cuadro No. 34.	Definición de responsabilidades .....	98
Cuadro No. 35.	Matriz de asignación de responsabilidades .....	99
Cuadro No. 36.	Cálculo producción mensual promedio por máquina de cada sitio .....	106
Cuadro No. 37.	Frecuencia de muestreo establecida para la programación .....	107
Cuadro No. 38.	Cantidad de muestreos internos al año .....	110
Cuadro No. 39.	Comparación de recursos y características de cada escenario .....	119
Cuadro No. 40.	Costo total para dos hornos de secado .....	137
Cuadro No. 41.	Cálculo del costo del Técnico de campo .....	138

Cuadro No. 42. Cálculo del costo del vehículo para el traslado de muestras.....	139
Cuadro No. 43. Cálculo del costo de capacitación sobre el salario.....	141
Cuadro No. 44. Cálculo del costo de capacitación .....	141
Cuadro No. 45. Cotización de transporte externo .....	142
Cuadro No. 46. Resumen de indicadores para cada propuesta.....	144
Cuadro No. 47. Registro de informes internos en agregados para los años 2015 y 2016.....	150
Cuadro No. 48. Registro internos bloques, adoquines y complementos para 2015 y 2016.....	151
Cuadro No. 49. Cálculo probabilidad de ocurrencia de ensayos según tipo de producto.....	152
Cuadro No. 50. Cálculo probabilidad de ocurrencia ensayos en agregados.....	152
Cuadro No. 51. Comparación de resultados de la simulación .....	155
Cuadro No. 52 Tabla de evaluación de las propuestas de proceso .....	159
Cuadro No. 53 Resumen resultado de evaluación de las propuestas de proceso.....	159
Cuadro No. 54. Resultado evaluación inicial programa 5S .....	163

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
Figura 1.	Logo empresa GRUPO PEDREGAL .....	1
Figura 2.	Ubicación geográfica Grupo Pedregal.....	3
Figura 3.	Organigrama de GRUPO PEDREGAL.....	4
Figura 4.	Esquema de partes interesadas del proyecto.....	18
Figura 5.	Matriz de poder/interés de partes interesadas .....	20
Figura 6.	Ejemplo de diagrama SIPOC para expedición de una factura.....	24
Figura 7.	Gráfico Modelo de Kano .....	26
Figura 8.	Casa de la calidad, QFD .....	28
Figura 9.	Diagrama CTQ Tree .....	29
Figura 10.	Plantilla para el estudio de tiempos.....	32
Figura 11.	Diagrama general de proceso de negocio.....	36
Figura 12.	Ejemplo de matriz RASCI .....	37
Figura 13.	Procedimientos para el control de calidad actual en PEDREGAL.....	52
Figura 14.	Diagrama de afinidad de necesidades parte 1.....	59
Figura 15.	Diagrama de afinidad de necesidades parte 2.....	60
Figura 16.	Gráfico coeficientes de satisfacción e insatisfacción .....	64
Figura 17.	Matriz 1 Casa de la calidad.....	67
Figura 18.	Matriz 3 Casa de la calidad.....	68
Figura 19.	Matriz 4 Casa de la calidad.....	69
Figura 20.	Orden de importancia, características de diseño propuestas .....	70
Figura 21.	Diagrama de Despliegue de Función de la calidad.....	73
Figura 22.	Árbol de críticos de calidad .....	74
Figura 23.	Calificación para técnicos de laboratorio .....	78
Figura 24.	Ilustración ciclo de una tanda de ensayos para el Técnico 1 .....	87
Figura 25.	Capacidad de ensayos a realizar por Técnico 1.....	87
Figura 26.	Capacidad de ensayos a realizar por Técnico 2.....	88
Figura 27.	Estructura del proceso .....	96
Figura 28.	Diagrama estructural de plantilla de planificación de muestreo.....	101
Figura 29.	Formato propuesto para el informe de producción semanal.....	103
Figura 30.	Catálogo de productos y máquinas.....	104
Figura 31.	Especificaciones técnicas, plantilla de planificación de muestreo.....	106
Figura 32.	Leyenda para sello de control de actualización de certificaciones de calidad.....	117
Figura 33.	Propuesta para rotulación de muestras.....	118
Figura 34.	Diagrama de flujo propuesta de proceso 1, parte 1 .....	121
Figura 35.	Diagrama de flujo propuesta de proceso 1, parte 2 .....	122
Figura 36.	Diagrama de flujo propuesta de proceso 1, parte 3 .....	123
Figura 37.	Diagrama de flujo propuesta de proceso 1, parte 4 .....	124
Figura 38.	Diagrama de flujo propuesta de proceso 1, parte 5 .....	125
Figura 39.	Diagrama de flujo propuesta de proceso 1, parte 6 .....	126
Figura 40.	Diagrama de flujo propuesta de proceso 1, parte 7 .....	127

Figura 41. Diagrama de flujo propuesta de proceso 2, parte 1 .....	128
Figura 42. Diagrama de flujo propuesta de proceso 2, parte 3 .....	130
Figura 43. Diagrama de flujo propuesta de proceso 2, parte 4 .....	131
Figura 44. Diagrama de flujo propuesta de proceso 2, parte 5 .....	132
Figura 45. Diagrama de flujo propuesta de proceso 2, parte 6 .....	133
Figura 46. Cotización 1 para horno de secado .....	136
Figura 47. Cotización 2 para horno de secado .....	137
Figura 48. Salario mínimo para un Técnico de educación superior .....	138
Figura 49. Certificados de Depósito a Plazo en colones, Banco Nacional de Costa Rica .....	143
Figura 50. Configuración parámetros de replicación para simulación .....	153
Figura 51. Número de entidades ejecutadas completamente por el proceso 1 .....	154
Figura 52. Número de entidades ejecutadas completamente por el proceso 2 .....	154
Figura 53. Ejemplificación resultados de prueba piloto.....	157
Figura 54. Evidencia área de compresión Laboratorio control de calidad.....	163
Figura 55. Evidencia área de morteros Laboratorio control de calidad.....	164
Figura 56. Evidencia área de agregados Laboratorio control de calidad .....	164
Figura 57. Evidencia área de oficina Laboratorio control de calidad .....	165
Figura 58. Evidencia estandarización Laboratorio control de calidad .....	165
Figura 59. Ejemplo de etiqueta para herramienta.....	185
Figura 60. Menú principal, plantilla de planificación de muestreo .....	205
Figura 61. Manual de usuario, plantilla de planificación de muestreo.....	206
Figura 62. Registro de producción, plantilla de planificación de muestreo.....	207
Figura 63. Registro de últimos informes, plantilla de planificación de muestreo .....	208
Figura 64. Programación de muestreo agregados, interno, plantilla planificación muestreo .....	209
Figura 65. Plan de muestreo, plantilla de planificación de muestreo .....	210
Figura 66. Registro de ensayos e informes, plantilla de planificación de muestreo.....	211

## RESUMEN

*Cerdas Pacheco, Estefany. Noviembre, 2017. Diseño de una propuesta de proceso para la correcta ejecución del control de calidad en los agregados, bloques, adoquines y complementos fabricados en los 11 centros de producción de GRUPO PEDREGAL. Proyecto de Graduación. Tecnológico de Costa Rica. Profesor Asesor: Ing. Franklin Acuña Arias.*

Este proyecto fue desarrollado en la empresa Grupo Pedregal ubicada en San Antonio de Belén, Heredia y consistió en diseñar una propuesta de proceso para la correcta ejecución del control de calidad de los agregados, bloques, adoquines y complementos fabricados en sus 11 centros de producción. Su objetivo principal fue diseñar un proceso que permita la gestión de la generación de muestreos, ensayos e informes de calidad para estos productos de una manera eficiente y segura.

En la etapa de diagnóstico del proyecto se analizó la estructura procedimental actual del Sistema de control de calidad con el fin de identificar los clientes internos y determinar y priorizar sus necesidades más importantes, las cuales fueron posteriormente traducidas a características de diseño para la propuesta de proceso. En esta etapa también se desarrolló la medición del trabajo realizado actualmente en el laboratorio de control de calidad con el objetivo de conocer su tiempo productivo y su capacidad para ser considerados dentro del diseño de la propuesta de solución.

En la etapa de diseño fueron desarrolladas dos propuestas de proceso distintas, la primera de ellas diseñada bajo un escenario ideal y la segunda diseñada bajo las condiciones de restricción planteadas por la empresa. Para diseñar estas propuestas primeramente fue necesario definir su estructura general, para posteriormente evaluar e incluir todos los recursos necesarios para su diseño, la etapa finalizó con la construcción detallada de la arquitectura de ambas propuestas mediante diagramas de flujo de proceso. Finalizado el diseño se desarrolló un análisis económico comparativo entre ambas propuestas en donde se obtuvo que la propuesta que mejor se adapta a las restricciones financieras de la empresa es la propuesta número dos debido a que esta es la que presenta el costo anual equivalente menor.

El proyecto finaliza con la validación de las propuestas diseñadas mediante técnicas de simulación, en donde se obtiene que la propuesta número uno es la que presenta un mayor potencial de mejora, siendo la única capaz de cumplir con la nueva programación del muestreo propuesta en este Proyecto. Como elemento extra de validación ambas propuestas fueron presentadas a 5 expertos en calidad y procesos los cuales bajo su criterio ingenieril se inclinaron en su mayoría (4 de 5) por la propuesta número uno, siendo esta la propuesta recomendada a la empresa para la correcta ejecución de su control de calidad.

***Palabras clave: proceso, control de calidad, normas técnicas***

## ABSTRACT

This project was developed in the Grupo Pedregal company located in San Antonio de Belén, Heredia and consisted in the design of a process proposal for the correct execution of the quality control of aggregates, concrete blocks and pavers manufactured in their 11 production centers. Its main objective was to design a process that allows the management of the generation of samples, quality tests and reports for these products in an efficient and safe way.

In the project's diagnostic stage, the current procedural structure of the Quality Control System was analyzed to identify the internal customers and determine and prioritize their most important needs, which were subsequently translated into design features for the process proposal. At this stage, the work measurement was carried out in the quality control laboratory to know their productive time and their capacity so that this data would be considered within the design of the proposed solution.

In the design stage, two different process proposals were developed, the first was designed under an ideal scenario and the second was designed under the conditions of restriction imposed by the company. To design these proposals, at first, the definition of the general structure was necessary, to later evaluate and include all the necessary resources for its design, the stage ended with the detailed construction of the architecture of both proposals through process flow diagrams. Once the design was finished, a comparative economic analysis was developed between both proposals, where it was obtained that the proposal that best suited the financial restrictions of the company is the proposal number two because this one presented the lowest equivalent annual cost.

The project ends with the validation of the proposals designed by simulation techniques, where it is obtained that the number one proposal has the greatest potential for improvement, being the only one capable of complying with the new sampling schedule proposed in this Project. As an extra element of validation, both proposals were presented to 5 experts in quality and processes which, according to their engineering criteria, were mostly inclined (4 out of 5) towards the number one proposal, this being the recommended proposal to the company for the correct execution of their quality control

***Key words: process, quality, technical standards***

# I. INTRODUCCIÓN

## A. Identificación de la empresa

GRUPO PEDREGAL es una empresa costarricense dedicada principalmente al mercado de la construcción, es una corporación conformada por siete empresas que ofrecen distintos productos y servicios al mercado nacional.



Fuente: Grupo Pedregal

*Figura 1. Logo empresa GRUPO PEDREGAL*

### 1. Visión / misión de la empresa:

- **Visión:** Liderar con integridad en cada uno de los mercados donde nos desarrollamos, desde una perspectiva económica, social y ambiental.
- **Misión:** Ayudar a construir un mejor país con calidad, eficiencia y honestidad.
- **Filosofía:** La filosofía de negocios de la empresa se basa en una responsabilidad con lo que Dios les ha otorgado, esforzándose por construir un país mejor, construyendo mejores hogares y comunidades con mejor calidad de vida para que el país tenga un mejor desarrollo. La empresa busca trabajar con calidad para entregar al país los mejores productos y servicios, siendo responsables con sus recursos y trabajando con honestidad para hacer siempre lo correcto.
- **Valores:** La corporación de Grupo Pedregal centra su filosofía en 5 valores principales, estos son:
  - ✓ **Compromiso:** Nos esforzamos en dar lo mejor de nosotros misma en nuestras relaciones con colaboradores, comunidad, medio ambiente y entorno socioeconómico. Nuestro principal compromiso es con Dios.
  - ✓ **Innovación:** Estamos en una constante búsqueda para mejorar producto, servicios y procesos. Somos innovadores en todo lo que hacemos, ese es el motor de nuestro crecimiento.

✓ **Eficiencia:** Administramos con sabiduría los recursos. Nos enfocamos en actividades que aporten valor y que maximicen calidad, tiempo y utilidad. Creemos en una cultura de resultados.

✓ **Servicio:** Aprovechamos cada oportunidad que exceder las expectativas de satisfacción de las necesidades de nuestros clientes. Creemos en vivir la excelencia en el día a día.

✓ **Integridad:** Es la base de nuestro actuar. Somos honestos, cumplimos, actuamos de forma ética. Creemos que, si hacemos las cosas correctas, vamos a obtener resultados trascendentales.

## 2. Antecedentes históricos:

La empresa inicia en la década de los 20 con la firma de un contrato para el suministro de arena y lastre para la construcción del ferrocarril al Pacífico, posteriormente esta se consolida bajo el nombre Tajo Hermanos Zamora González LTDA participando entre los años 1950-1970 en proyectos aún más grandes como lo fueron la construcción del Aeropuerto del Coco (hoy Aeropuerto Juan Santamaría) y la construcción de la carretera General Cañas. Es en 1981 que se funda la corporación que hoy se conoce como Grupo Pedregal, la empresa que con su excelencia y principios ha mantenido el compromiso de eficiencia, calidad y servicio a una sociedad en desarrollo.

En la década de los 90 la empresa comienza a incursionar en nuevos mercados como el concreto premezclado, agregados y asfaltos con la creación de nuevas divisiones de la compañía, en esta época la corporación amplía por primera vez sus operaciones en el país con la creación de una nueva planta en Nicoya, Guanacaste. A partir del año 2007 se inicia la operación de una nueva cantera en Turrucare de Alajuela para el siguiente año adquirir una planta de producción de morteros, pastas y acabados con el fin de aumentar su oferta en el mercado de la construcción. En el año 2009 se inaugura PEDREGAL San Carlos y en el año 2012 se procede con la compra de la empresa *Concreto Industrial*, para el año 2013 se da la adquisición

de la empresa *Procamar* y finalmente en el año 2014 se adquiere un nuevo centro de producción en Liberia, Guanacaste.

Actualmente la corporación Grupo Pedregal se encuentra conformada por las empresas Quebradores Pedregal, Bloques Pedregal, Morteros Pedregal, Carbo Calcio, Servicios y Acarreos Pedregal, Ganadería Pedregal y el Centro de Eventos Pedregal, las cuales ofrecen sus productos y servicios a Costa Rica desde hace ya más de 30 años.

### 3. Ubicación geográfica de la planta:

El centro de producción principal de Quebradores Pedregal y Bloques Pedregal (centro de producción en donde se desarrolla este Proyecto) se encuentra ubicado 800 metros este de la estación del ferrocarril en San Antonio de Belén, Heredia, Costa Rica. Dicha ubicación cuenta con las coordenadas geográficas 9°58'30.95"N 84°10'41.43"O.

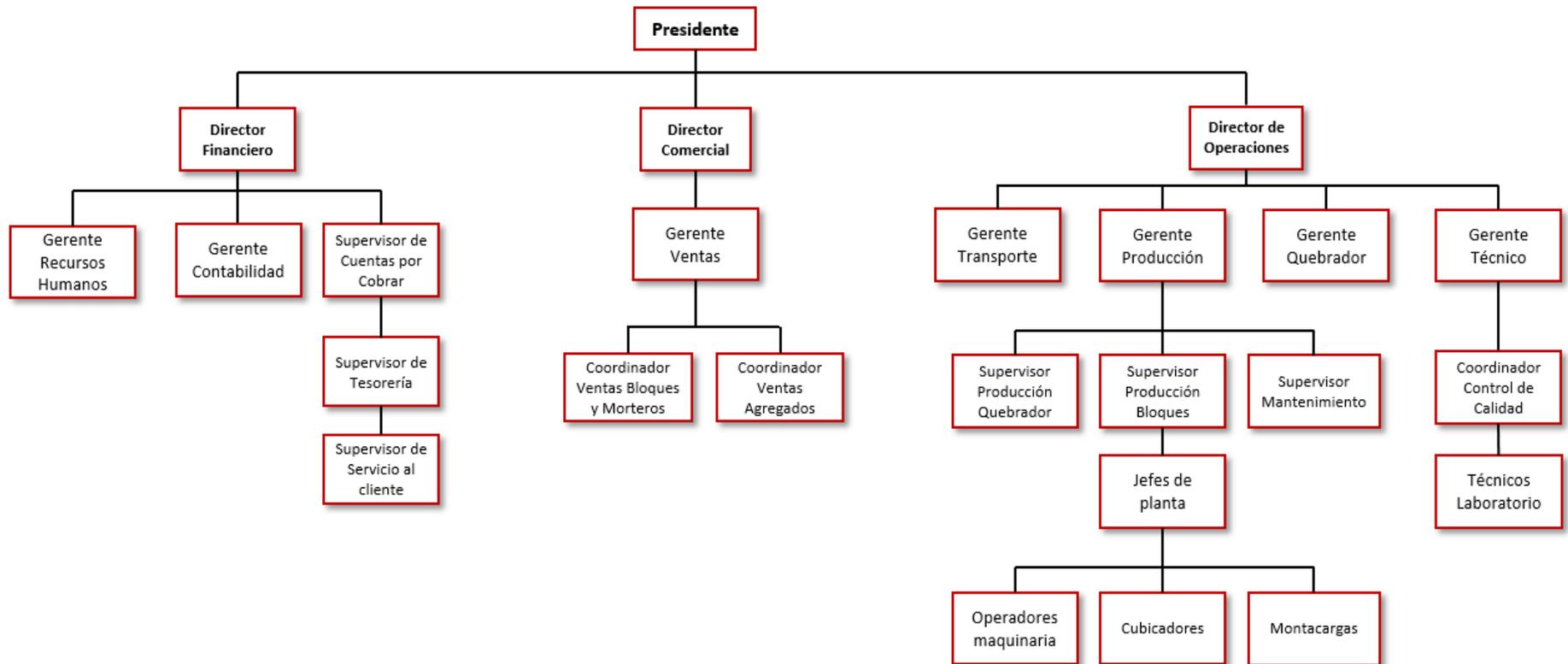


Fuente: Google Earth

Figura 2. Ubicación geográfica Grupo Pedregal.

#### 4. Estructura organizativa:

La estructura organizativa de Grupo Pedregal se presenta de manera gráfica en la Figura 3



Fuente: PEDREGAL.

Figura 3. Organigrama de GRUPO PEDREGAL

## **5. Número de empleados:**

Quebradores Pedregal y Bloques Pedregal integran un total de once centros de producción a lo largo y ancho del territorio nacional, los mismos se encuentran ubicados en Belén (centro de producción principal), Liberia, Nicoya, Esparza, Aranjuez, Rio Claro, San Carlos, Orotina, Guápiles, Limón y Pérez Zeledón, los mismos cuentan con un total de 510 colaboradores entre departamentos administrativos y producción. El centro de producción principal ubicado en San Antonio de Belén, Heredia, lugar en donde se desarrolla este Proyecto, cuenta con un total de 110 colaboradores.

En todos los centros de producción los colaboradores manejan el mismo horario de lunes a viernes de 7:00 am a 5:00pm para los administrativos, de lunes a sábado de 6:00 am a 5:00 pm para los operadores y para los colaboradores de planta el horario varía según la necesidad de producción.

## **6. Tipos de productos y sus características generales:**

La corporación Grupo Pedregal ofrece distintos tipos de productos y materiales para la construcción, divididos en 5 familias principales; agregados, bloques, morteros, adoquines y complementos, todas estas familias poseen cierta variedad de productos para cubrir las necesidades y exigencias de sus clientes con la mayor calidad posible.

El presente proyecto se focaliza en 4 familias de productos de la corporación que son las familias de Agregados (de la empresa Quebradores Pedregal) y las familias de Bloques, Adoquines y Complementos (de la empresa Bloques Pedregal), las cuales se muestran detalladamente en Cuadro No. 1– Cuadro No. 7

Cuadro No. 1. Cuadro de productos familia Agregados, Quebradores Pedregal.

Nombre del Agregado	Uso	Forma en que se supe	Granulometría	Imagen
<b>Lastre</b>	Material de relleno que se obtiene de forma natural en procesos de extracción de agregados	-	Min. 38 mm Máx. 76 mm	
<b>Base</b>	Material granular obtenido de una mezcla de agregados triturados que se utiliza como soporte de la capa de rodadura de un pavimento	Suplido en variedad de granulometrías	Min. 50 mm Máx. 76 mm	
<b>Sub-base</b>	Material granular obtenido de una mezcla de agregados triturados que se utiliza como soporte de la capa de base	Suplido en variedad de granulometrías	Máx. 50	
<b>Piedra Gavión</b>	Piedra quebrada para uso en drenaje, muros de piedras, concretos ciclópeos y como relleno de gaviones	-	Min. 76 mm Máx. 150 mm	
<b>Piedra triturada</b>	Piedra quebrada para la elaboración de concretos	Suplido en variedad de presentaciones y granulometría (cuarta, cuartilla quinta, quintilla)	Min. 9.5 mm Máx. 76 mm	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No. 2. (Continuación) Cuadro de productos familia Agregados, Quebradores Pedregal.

Nombre del Agregado	Uso	Forma en que se supe	Granulometría	Imagen
<b>Arena natural / Arena de río</b>	Agregado para uso comercial obtenido del proceso de extracción, clasificación y lavado. Es libre de impurezas	-	Min. 6.35 mm Máx. 4.75 mm	
<b>Arena industrial / Polvo de piedra</b>	Agregado obtenido del proceso de extracción, lavado y trituración de piedras de primera calidad, utilizado para producción de mezclas de concreto.	-	Min. 9.5 mm Máx. 6.35 mm	

**Fuente:** Elaboración propia

Cuadro No. 3. Cuadro de productos familia Bloques, Bloques Pedregal.

Nombre del bloque	Dimensión (cm)	Peso en kg	Unidad por m <sup>2</sup>	Imagen
<b>Estriado</b>	15x19x39	13.5	12.5	
<b>Viga block</b>	12x19x78.4	19	6.25	
<b>Master block</b>	12x19x78.4	19	6.25	

**Fuente:** Elaboración propia

Cuadro No. 4. (Continuación) Cuadro de productos familia Bloques, Bloques Pedregal.

Nombre del bloque	Dimensión (cm)	Peso en kg	Unidad por m <sup>2</sup>	Imagen
<b>Bloque modular</b>	13.5x19x43.6	14.5	11.5	
<b>Escarpado</b>	15x19x39	13.5	12.5	
<b>Estándar N-20</b>	20x19x39	15.5	12.5	
<b>Estándar N-15</b>	15x19x39	11	12.5	
<b>Estándar N-12</b>	12x19x39	10.5	12.5	

**Fuente:** Elaboración propia

Cuadro No. 5. Cuadro de productos familia Adoquines, Bloques Pedregal.

Nombre del adoquín	Dimensión (cm)	Peso en kg	Unidad por m <sup>2</sup>	Imagen
<b>Alemán</b>	19 x 14.5	E8cm:4.40 E10cm: 5.15	41	
<b>Clásico</b>	Cuadrado:11x11 Triangular: 9 x11	C: 2.20 T: 1.76	C: 81 T: 88	

**Fuente:** Elaboración propia

Cuadro No. 6. (Continuación) Cuadro de productos familia Adoquines, Bloques Pedregal.

Nombre del adoquin	Dimensión (cm)	Peso en kg	Unidad por m2	Imagen
<b>Greco</b>	20.5 x 12	4.74	35	
<b>Toledo</b>	14.9 x 23	4.40	39	
<b>Lisboa</b>	11.5 x 25.5	4.14	40	
<b>Romano / Cuadrado</b>	10 x 10 20 x 20	1.65 6.90	100 25	
<b>Holandés / Rectangular</b>	10 x 20	E8cm:2.55 E10cm: 3.50	50	
<b>ECO Stone</b>	22 x 27	5.60	27	

**Fuente:** Elaboración propia

Cuadro No. 7. Cuadro de productos familia Complementos, Bloques Pedregal.

Nombre del bloque	Dimensión (cm)	Peso en kg	Unidad	Imagen
<b>Loseta Centurión</b>	40 x 40 x 4	14	6.25 por m <sup>2</sup>	
<b>Bordillo</b>	12 x 20 x 40	20.2	2.5 por ml	
<b>Bocel</b>	26 x 12 x 9	19.6	10 por ml	
<b>Zacate Block</b>	40 x 40 x 8	19.6	6.25 por m <sup>2</sup>	
<b>Muro Block</b>	20x15x64	39	34	

**Fuente:** Elaboración propia

Es importante recalcar que, como se mencionó anteriormente la corporación posee 11 centros de producción en el país, sin embargo, en estos no se produce el mismo tipo de productos, para esto en el Cuadro No. 8. se muestra la clasificación de los tipos de producto fabricados en cada planta de la empresa:

*Cuadro No. 8. Fabricación de producto según centro de producción*

Sitio	Agregados	Bloques, adoquines complementos
Centro producción Belén	X	X
Centro producción Nicoya	X	X
Centro producción Liberia	X	
Centro producción Esparza	X	X
Centro producción San Carlos	X	X
Centro producción Orotina	X	
Centro producción Limón	X	
Centro producción Pérez Zeledón	X	
Centro producción Rio Claro	X	
Centro producción Aranjuez	X	
Centro producción Limón	X	
Centro producción Guápiles		X

**Fuente:** Elaboración propia

#### 7. Mercados de comercialización:

La comercialización de los productos de la corporación es totalmente nacional, sus principales canales de distribución son ventas por mayoreo y ventas a clientes especializados como lo son constructoras y desarrolladoras nacionales, además se tiene en muy baja escala ventas al menudeo, conocidas en la empresa como ventas a cliente final. La comercialización y distribución del producto se realiza desde cada uno de sus centros de producción y la misma depende de la ubicación del cliente.

#### 8. Descripción general del proceso productivo:

Como ya fue mencionado, este Proyecto se centraliza en 4 familias de productos, que son; agregados, bloques, adoquines y complementos, de estas familias las 3 últimas presentan el mismo proceso productivo por lo que se presentará a continuación el proceso productivo para agregados y el proceso productivo para estas 3 familias al que se le llamará proceso productivo general grupo bloques.

### 8.1. Proceso productivo para agregados

Para esta familia de productos el proceso productivo es simple y sus etapas se desarrollan según el tipo de producto, es decir, hay agregados que solamente pasan por la primera etapa del proceso, más hay otros agregados que requieren de las etapas siguientes, esto dependiendo de sus características. El proceso a nivel general consta de 4 etapas, la primera de ellas es la extracción del material en donde se recolecta la materia prima necesaria para el producto, la segunda etapa es la trituración primaria en donde con ayuda de un quebrador se reduce el material a una dimensión deseada, posteriormente se encuentra la etapa de trituración secundaria en donde se reduce aún más la dimensión del material y finalmente el producto pasa a la etapa de mezcla si así este lo requiere. Con el fin de conocer más a fondo cuales son los recursos y personas que intervienen en este proceso a continuación se presenta el diagrama SIPOC para esta familia de productos:

*Cuadro No. 9. Diagrama SIPOC familia agregados*

S	I	P	O	C
Ríos / Cantera	Piedra	Extracción de material	Materia prima para trituración	Trituración primaria
Extracción de material	Materia prima para trituración	Trituración primaria	Agregado con trituración 1	Trituración secundaria
Trituración primaria	Agregado trituración 1	Trituración secundaria	Agregado con trituración 2	Mezclado
Trituración secundaria	Agregado trituración 2	Mezclado	Mezcla	Cliente externo
	Otros agregados			

**Fuente:** Elaboración propia

### 8.2. Proceso productivo general grupo bloques

En el caso de los bloques, adoquines y complementos el proceso consta de 7 etapas, la primera de ellas es la dosificación de la materia prima a la mezcladora en donde se dosifica la materia prima necesaria para determinado producto, posteriormente se presenta la etapa de mezclado en donde toda la materia prima

dosificada se integra y homogeniza en una sola composición, la tercera etapa es la etapa de llenado de moldes en la cual la mezcla se agrega al molde para que la misma tome la forma del bloque, adoquín o complemento que se está fabricando, una vez llenado el molde se procede a la etapa de compresión en donde se compacta toda la mezcla para dar forma al producto, posteriormente se encuentra la etapa de curado en donde se deja reposar el material por un lapso de tiempo determinado y en donde se da la fragua del cemento y se inyecta agua al producto para que este adquiera la resistencia necesaria para pasar a la siguiente etapa, la etapa de paletizado, en esta etapa los bloques son cubicados en tarimas para su transporte a la etapa final, denominada traslado a patio, en esta etapa se le termina de dar el proceso de curado al producto con agua hasta que el mismo se encuentre listo para su liberación. Al igual que en el caso anterior, con el fin de conocer más a fondo cuales son los recursos y personas que intervienen en el proceso de bloques se presenta el diagrama SIPOC para esta familia de productos:

*Cuadro No. 10. Diagrama SIPOC grupo bloques*

S	I	P	O	C
Planta de agregados	Agregado	Dosificación de materia prima	Dosificado	Mezclado
CEMEX	Cemento			
AyA	Agua			
Planta de morteros	Aditivo			
LANZESS	Pigmento			
Dosificación de MP	Dosificado	Mezclado	Mezcla	Llenado moldes
Mezclado	Mezcla	Llenado de moldes	Moldes llenos	Compresión
Llenado de moldes	Moldes llenos	Compresión	Producto fresco	Curado
Compresión	Producto fresco	Curado	Producto curado	Paletizado
AyA	Agua			
Curado	Producto curado	Paletizado	Producto paletizado	Traslado a patio
Varios	Tarimas			
Paletizado	Producto paletizado	Traslado a patio	Producto terminado	Cliente externo
AyA	Agua			

**Fuente:** Elaboración propia

## **B. Justificación del estudio**

La corporación Grupo Pedregal posee su centro de producción principal y único laboratorio de control de calidad en sus instalaciones ubicadas en San Antonio de Belén, Heredia, actualmente la empresa presenta deficiencias en la gestión de la toma de muestras, ejecución de ensayos y generación de informes de calidad de sus productos desencadenando problemáticas como lo es la liberación de producto al mercado sin las pruebas de calidad correspondientes, trayendo como consecuencia la presentación de quejas, afectando la imagen de la empresa y su compromiso de entregar al cliente producto de calidad regulado bajo normas técnicas.

Actualmente el laboratorio de calidad de la empresa se encarga de realizar las pruebas de calidad a los agregados, bloques, adoquines y complementos fabricados en todos sus centros de producción con base en lo especificado en normas INTECO y ASTM, sin embargo, la manera en la que se está ejecutando el sistema de control de calidad no logra asegurar el control de la totalidad de los productos, poniendo en riesgo la devolución del producto y hasta en el peor de los casos el paro de la producción por el incumplimiento de especificaciones.

La necesidad de implementar un proceso que permita la correcta ejecución del control de calidad de los productos de la empresa evoca en mitigar la presencia de distintos riesgos que se corren actualmente al trabajar la calidad bajo el sistema de control actual. Considerando el nivel y el prestigio de una empresa como lo es Grupo Pedregal se sobreentiende que la misma se encuentra obligada a cumplir con el compromiso de entregar a los clientes un producto de calidad no solamente para resguardar su seguridad sino también para satisfacer sus gustos y necesidades. Factores como la reputación de la empresa y su competencia para la participación en licitaciones públicas son motivos de fuerza mayor que obligan a la empresa a buscar una solución integral que les permita ejecutar el control de calidad de sus productos de manera eficiente y segura.

## **C. Objetivos del estudio**

### **1. Objetivo General:**

Diseñar una propuesta de proceso <sup>1</sup> para la correcta ejecución del control de calidad en los agregados, bloques, adoquines y complementos fabricados en las 11 plantas de producción de Grupo Pedregal.

### **2. Objetivos Específicos:**

- Definir el proyecto para la determinación del planteamiento de las etapas necesarias para su desarrollo.
- Analizar los procedimientos actuales para la ejecución del control de calidad en función de establecer las brechas entre este y el proceso óptimo que requiere la organización.
- Determinar los requerimientos de diseño que permitan satisfacer las necesidades identificadas en el sistema de control de calidad actual de la empresa.
- Diseñar una propuesta de proceso integral para el control de calidad de los agregados, bloques, adoquines y complementos fabricados en Grupo Pedregal.
- Desarrollar un análisis económico de la propuesta de diseño elaborada para la valoración de su futura implementación en la empresa.
- Validar a través de técnicas de simulación el potencial de mejora que implicaría la implementación de la presente propuesta.
- Plantear recomendaciones que permitan la correcta implementación e integración de la propuesta al sistema de control de calidad de la empresa.

---

<sup>1</sup> Para la presente investigación se da a entender proceso como el diseño de un proceso para la gestión de la generación de muestreos, ensayos e informes de calidad para estos productos.

## **D. Alcances y Limitaciones**

### **1. Alcances:**

El proyecto consiste en el diseño de una propuesta de proceso que le permita a la empresa Grupo Pedregal ejecutar de manera correcta los procedimientos necesarios para llevar a cabo el control de calidad y así asegurar la calidad de sus productos de la forma más eficiente y controlada posible.

La propuesta del proceso a diseñar incluye el control de calidad del producto en cuatro familias de productos producidas en todas las plantas del país (11 plantas de producción), que son las familias de agregados, bloques, adoquines y complementos excluyendo de este estudio la familia de morteros. La centralización del estudio en estos productos se realiza a petición de la empresa dado a que actualmente son estas las familias de productos con mayor rotación.

El periodo de ejecución del proyecto inicia el 24 de Julio y concluye el 20 de Octubre del 2017, en este tiempo se realizarán las mediciones y análisis correspondientes para posteriormente diseñar la propuesta y evaluar su rendimiento para una posible posterior implementación en la empresa.

### **2. Limitaciones**

Dado a que el proyecto se desarrolla en la planta de producción principal de Grupo Pedregal y el proceso a diseñar incluye los productos fabricados en todas las plantas de fabricación ubicadas en distintas zonas del país, existe la limitación para conocer el proceso productivo y los métodos utilizados en cada planta, pudiendo de esta manera omitirse detalles importantes a considerar dentro del nuevo proceso de control de calidad a diseñar.

Otras limitaciones al alcance presentadas en el proyecto corresponden a la centralización del diseño de una propuesta para el control del producto terminado, a petición de la Gerencia Técnica se solicita excluir del estudio todo lo referente a inspecciones y control de calidad del producto en proceso, razón por la cual se considera que la necesidad del cliente referente a inspección de producto en proceso se sale del alcance de este proyecto y se desarrolla solamente como una recomendación.

Finalmente, en el desarrollo del proyecto se presenta una limitación al alcance del objetivo específico “Realizar un análisis económico de la propuesta de diseño elaborada para la valoración de su futura implementación en la empresa” debido a que la empresa no cuenta con registros completos que logren cuantificar la totalidad del costo de quejas a nivel interno y a nivel externo, principal punto a solventar en las propuestas. Además, la empresa se negó en brindar información sobre ventas e ingresos anuales razón por la que solamente se desarrolla un análisis del costo de ambas propuestas a nivel comparativo.

## E. Análisis de involucrados

Para el desarrollo de todo proyecto es de suma importancia conocer quiénes son las partes involucradas en el mismo, motivo por el cual, en este Proyecto se procede a realizar una indagación con el fin de conocer quiénes son cada una de las personas que de alguna u otra forma se encuentran involucradas en el control de calidad de las cuatro familias de los productos de Grupo Pedregal abarcados en este Proyecto, desde el inicio del control de calidad hasta su final.

A continuación, se presentan los resultados de la indagación en donde se identificaron las partes interesadas en el proyecto.

- **Identificación de partes interesadas del proyecto**

Según la indagación realizada se reconocen tres figuras principales como partes interesadas del proyecto como se muestra en la Figura 4



**Fuente:** Elaboración propia

*Figura 4. Esquema de partes interesadas del proyecto*

Se identificaron estas tres figuras debido a su responsabilidad e interés de velar por la calidad de los productos de la empresa; Dirección de operaciones (DO) ya que corresponde al jefe directo de las operaciones, Gerencia Técnica (GT) que se encarga del manejo de información técnica, I+D y formulaciones y la Gerencia

Producción (GP) que se encarga propiamente del control de la producción. En el caso de los gerentes estas figuras son comunicadores inmediatos a la dirección de operaciones, tal y como lo muestra el organigrama de la compañía.

A continuación, en la Figura 5 se muestra la matriz de poder/interés de las partes interesadas en este proyecto y su nivel de interés y poder según la indagación realizada. Con el fin de ubicar a cada interesado en esta matriz según los ejes de interés (x) y poder (y) se procedió a determinar el nivel de interés y poder de cada uno de estos en el proyecto.

Para obtener el nivel de interés y poder de cada interesado, se procedió a evaluar a cada uno de ellos mediante distintos criterios en una escala de 1 a 5 en donde 1 corresponde a un nivel muy bajo de poder o interés y 5 corresponde a un nivel muy alto de poder o interés (ver plantilla de evaluación Poder-Interés en Apéndice #1). Una vez valorado cada criterio con cada uno de los interesados se obtuvieron los resultados promedio, los cuales se muestran en el Cuadro No.11:

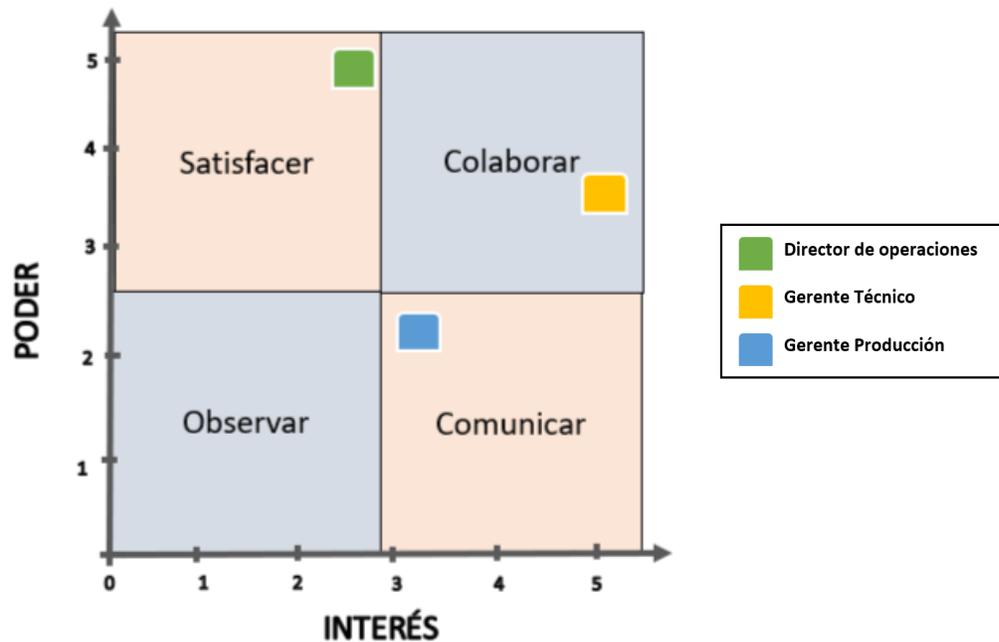
*Cuadro No. 11. Niveles de poder e interés de las partes interesadas del proyecto*

	Criterios	DO	GT	GP
Nivel Poder <u>Eje Y</u>	1	5	4	3
	2	5	5	3
	3	5	4.5	4.5
	4	5	4	2
	5	5	1	1
	6	5	4	1
	$\bar{Y}$	<b>5</b>	<b>3.75</b>	<b>2.42</b>
Nivel Interés <u>Eje X</u>	1	3	5	4
	2	3,5	5	3
	3	2	5	3
	4	3	5	3,5
	$\bar{X}$	<b>2,8</b>	<b>5</b>	<b>3,38</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Determinados los niveles de poder e interés se procedió a ubicar a cada interesado dentro de la matriz, en donde se obtuvo el resultado mostrado en la Figura 5:

### MATRIZ PODER/INTERÉS DE LAS PARTES INTERESADAS



Fuente: Elaboración propia con base en (Garro Chavarría , 2016)

Figura 5. Matriz de poder/interés de partes interesadas

Según lo mostrado en la Figura 5 el Director de Operaciones se clasifica en el cuadrante de alto poder y bajo interés, lo cual indica que debe dedicarse esfuerzo a mantener a esta figura muy **satisfecha** con el proyecto, en el caso del Gerente Técnico se clasifica en el cuadrante de alto poder y alto interés, lo cual indica que esta figura debe estar **comprometida con el proyecto** por lo que su apoyo es de vital importancia y finalmente el Gerente Producción se clasifica en el cuadrante de bajo poder y alto interés, lo cual indica que esta figura debe mantenerse **informada** acerca de los detalles del proyecto.

## II. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describe de manera detallada la metodología, herramientas y métodos utilizados en este Proyecto de modo que se logre comprender la manera en la que el mismo fue desarrollado en sus distintas etapas, todos los términos descritos a continuación se abarcarán conforme al orden en el cual fueron aplicados.

Para la realización de todo proyecto es necesario establecer una estructura y un orden lógico de modo que se prioricen las actividades y sean desarrolladas de forma organizada permitiendo así alcanzar los objetivos propuestos de la manera más adecuada posible, es por este motivo que una vez realizado el planteamiento de este Proyecto fue necesario definir la metodología a utilizar, para esto se llevó a cabo un proceso de investigación para elegir la metodología que mejor se adaptara a la necesidad presentada por la empresa, como resultado se eligió desarrollar la metodología DMADV, también conocida como metodología de diseño para seis sigma, la cual se enfoca en el diseño de nuevos productos o procesos con calidad  $6\sigma$ .

Según Hahn, Doganaksoy, y Hoeri, (2000), los principios básicos de esta metodología se centran en conocer los requerimientos del cliente, los cuales se deben transformar en requerimientos para las funciones proyectadas, detalles del diseño y para las variables de control del proceso, además de esto mencionan que debe existir una evaluación continua de la capacidad para lograr cumplir con los requerimientos existentes y los nuevos.

Como el acrónimo lo indica, la metodología DMADV consta de 5 fases, Definir, Medir, Analizar, Diseñar y Verificar, las cuales Pyzdek, (2003) describe de la siguiente manera:

- **Definir:** Esta fase corresponde a la identificación del producto o proceso que será diseñado, incluye la definición de los objetivos del proyecto, la delimitación del alcance, la justificación y el planteamiento del problema o necesidad que se desea solventar con lo diseñado.

- **Medir:** Cuantificar la necesidad o el problema del proyecto determinando los requerimientos del cliente y transformándolos en las características críticas de diseño de la solución.
- **Analizar:** En esta fase se analiza lo cuantificado en la etapa anterior y se visualizan las opciones disponibles para alcanzar los objetivos del proyecto, esto por medio del desarrollo de las necesidades de diseño para la siguiente etapa.
- **Diseñar:** Corresponde al diseño del proceso, producto o servicio de manera detallada incluyendo todos los requerimientos identificados y establecidos en las etapas anteriores para lograr satisfacer la necesidad de la empresa.
- **Verificar:** En esta última etapa se verifica la efectividad del proceso, producto o servicio diseñado, en ella normalmente se realizan pruebas pilotos o se construyen planes de implementación para comprobar el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

Para para el desarrollo de cualquier tipo de metodología es necesario el uso de distintos métodos y herramientas como los utilizados en este Proyecto, por lo que a continuación se explica de manera detallada su función y aplicaciones además de algunos conceptos asociados a este estudio.

Dado a que este Proyecto se basa en el diseño de una propuesta de proceso para el control de calidad de algunos productos de la empresa PEDREGAL, se comenzará explicando acerca de estos temas. En el libro Gestión por procesos su autor indica que un proceso es una “secuencia [ordenada] de actividades [repetitivas] cuyo producto tiene valor intrínseco para el usuario o cliente” (Velasco, 2013, p.49), cabe resaltar que cuando se habla de cliente se hace referencia tanto al cliente final como a todos los clientes internos y externos que participan en las distintas etapas del proceso. Para el diseño propiamente de un proceso deben de

identificarse todos los procedimientos, actividades y tareas necesarias para transformar las necesidades de los clientes internos y externos en requerimientos que puedan ser satisfechos de manera pronta y adecuada con la mayor eficiencia y el menor costo posible.

La teoría de la Gestión por procesos propone un cuerpo de herramientas y métodos que permiten el cumplimiento de la gestión de la calidad con la orientación de sus esfuerzos hacia los objetivos comunes de esta y de sus clientes, de forma que se pueda añadir valor a los procesos y actividades que lo integran. Siempre se busca garantizar la comprensión de las necesidades y expectativas de los clientes, que todo funcione de forma controlada y que el valor que se agrega al proceso sea percibido por el cliente. (Velasco, 2013, p.44).

Otro aspecto importante que resaltan James R. y William M. (2008) es que el diseño de procesos produce un impacto alto en el costo y en la calidad de la producción, motivo por el cual este Proyecto se enfoca en objetivos para asegurar la calidad de los productos de PEDREGAL tratando de incurrir en el menor costo posible por medio de la optimización de los recursos disponibles.

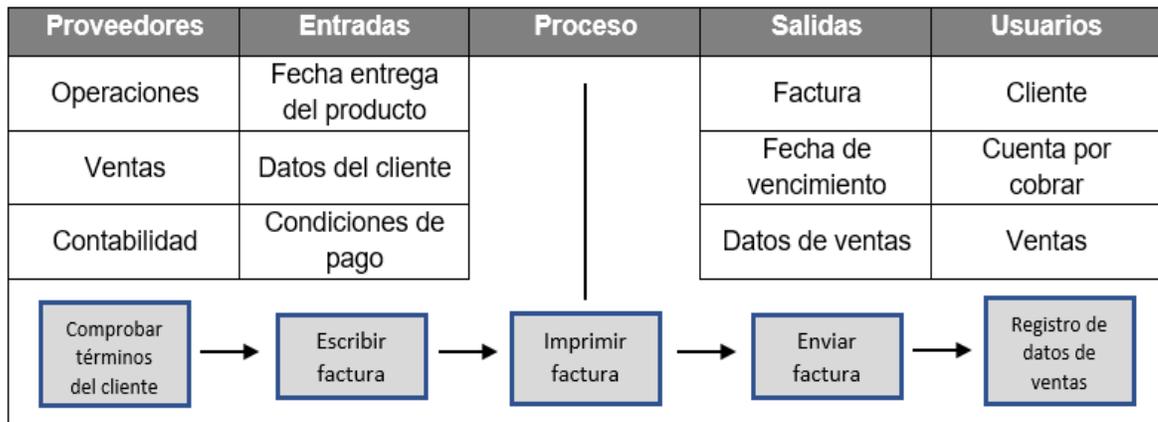
Entre las herramientas implementadas en el proyecto para conocer y medir el funcionamiento de la empresa e identificar la necesidad y requerimientos de su sistema de control de calidad se encuentran:

### **1. Diagrama SIPOC**

El diagrama SIPOC, conocido también por su acrónimo en español como diagrama PEPSU es un diagrama que detalla uno a uno los proveedores, las entradas, las salidas y las clientes de un proceso. Su objetivo principal es analizar el proceso y su entorno (Pulido, 2010, p.200).

En el diagrama se presentan en prosa o por medio de un diagrama todas las actividades correspondientes a un proceso como se muestra en el ejemplo de la Figura 6, cada etapa de ese proceso se asocia a un cliente quien transforma

mediante esta actividad o etapa del proceso una entrada suministrada por un proveedor en una salida, la cual servirá como entrada para la etapa siguiente.



**Fuente:** Elaboración propia con base en (Pulido, 2010)

*Figura 6. Ejemplo de diagrama SIPOC para expedición de una factura.*

## 2. Análisis partes interesadas:

Una vez conocido el proceso productivo se procede a identificar los involucrados, es decir, todas las personas o departamentos internos y externos que pueden influir en el resultado del proyecto. En este caso se realizó una identificación y clasificación de las partes interesadas en el proyecto y una identificación de los clientes internos y externos que participan en el sistema de calidad de Grupo Pedregal. Como se presentó en el capítulo anterior, una vez reconocidas las partes interesadas se procede a elaborar una matriz de poder/interés para saber las decisiones e interacciones que deben de tomarse con estas personas.

Garro Chavarría, (2016) en su libro *Desarrollo de proyectos de innovación con Design for Six Sigma* explica la relación que debe presentarse con cada parte interesada según su ubicación en la matriz:

- Alto poder, Alto interés: Personas que deben estar altamente comprometidas con el proyecto, por lo que se debe de procurar ganar su apoyo.

- Alto poder, Bajo interés: Se debe dedicar un esfuerzo para mantener a este grupo satisfecho.
- Bajo poder, Alto interés: Grupo de personas que deben mantenerse informadas, debe haber comunicación con ellas para evitar que surjan inconvenientes en el camino, pueden colaborar mucho en los detalles del proyecto.
- Bajo poder, Bajo interés: Este grupo de personas deben ser monitoreadas.

Una vez clara la relación que debe tenerse con las partes interesadas y se identifican los clientes internos y externos del proceso se procede a escuchar la voz del cliente con el fin de identificar y entender sus necesidades y convertir las mismas en requerimientos de diseño, esto puede realizarse por medio de distintas técnicas, lo más adecuado es interactuar de manera directa con cada cliente (visitas, encuestas, entrevistas) para así conocer claramente su punto de vista y sus necesidades.

Identificados los requerimientos se hace necesaria la clasificación de estos según su importancia para el cliente, de modo que se dé prioridad a los requerimientos más importantes y se asegure la robustez del diseño, una herramienta muy adecuada para realizar esta labor es la presentada a continuación.

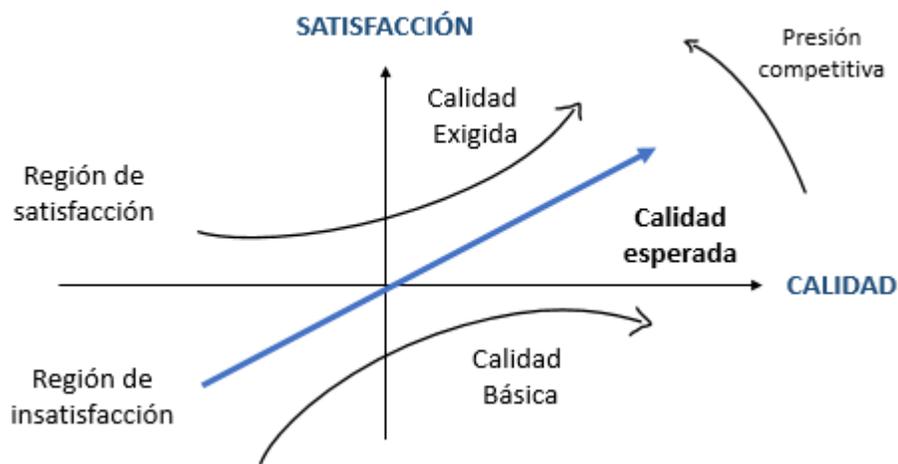
### 3. Modelo Kano

El Modelo Kano, a pesar de ser utilizado generalmente para clasificar y priorizar los requerimientos de clientes finales de un producto es también utilizado para describir la satisfacción del cliente interno de un proceso lo fue en este Proyecto.

Según Garro, (2011) este modelo permite clasificar las necesidades de los clientes en 3 categorías, que son requerimientos básicos, proporcionales o atractivos. Los factores básicos son aquellos requisitos mínimos que deben estar

presentes y que al no estarlo causarían el descontento del cliente, los factores proporcionales son los que aumentan la satisfacción del cliente, más si no están no causan el descontento del cliente, funcionan como un extra, entre más es mejor, finalmente se encuentran los atractivos los cuales van más allá de las expectativas del cliente.

En la Figura 7 se muestra el modelo y su relación entre la satisfacción del cliente y la calidad del producto o servicio.



**Fuente:** Elaboración propia con base en (Pyzdek, 2003)

*Figura 7. Gráfico Modelo de Kano*

En el modelo se clasifica la calidad en calidad básica donde se encuentran los requerimientos básicos, además de la calidad esperada donde se clasifican los requerimientos proporcionales y la calidad sorpresa con los requerimientos atractivos que encantan y sorprenden al cliente generando los mayores niveles de satisfacción. Es importante considerar que este modelo propone que la calidad básica no es suficiente para satisfacer al cliente dado que la totalidad de su curva (basic quality) se encuentra en la región de satisfacción, por lo que al cliente siempre debe dársele más de lo esperado para mantenerlo satisfecho.

Para poder clasificar estos requerimientos en las 3 categorías mencionadas, el modelo propone la aplicación de un cuestionario en donde se formula a los clientes preguntas duales (una funcional y otra disfuncional) con 5 opciones de respuesta (gusta, debe estar, neutral, puedo vivir con esto, disgusta), como el siguiente ejemplo:

- Pregunta funcional: ¿Cómo se siente si la caja contiene menos producto?
- Pregunta disfuncional: ¿Cómo se siente si la caja contiene más producto?

Una vez obtenidas las respuestas están se insertan en una matriz en donde se evalúan y clasifican según otras 3 categorías, respuesta indiferente (la satisfacción no varía si el atributo no está presente), la respuesta reversa (efecto contrario a lo esperado) y la respuesta cuestionable que es cuando el cliente se contradice por no entender la pregunta.

Realizando una combinación de las respuestas todos los requerimientos pueden clasificarse dentro de los seis factores. Finalmente, el diseño del producto o proceso debe basarse en las características que son percibidas por el cliente, siguiendo la regla  $M > O > A > I$ , para así calcular dos índices y lograr facilitar la elección de los requerimientos de mayor importancia para el cliente. (Garro, E. 2016, pag.61). Para el cálculo de estos índices se utilizan las siguientes fórmulas:

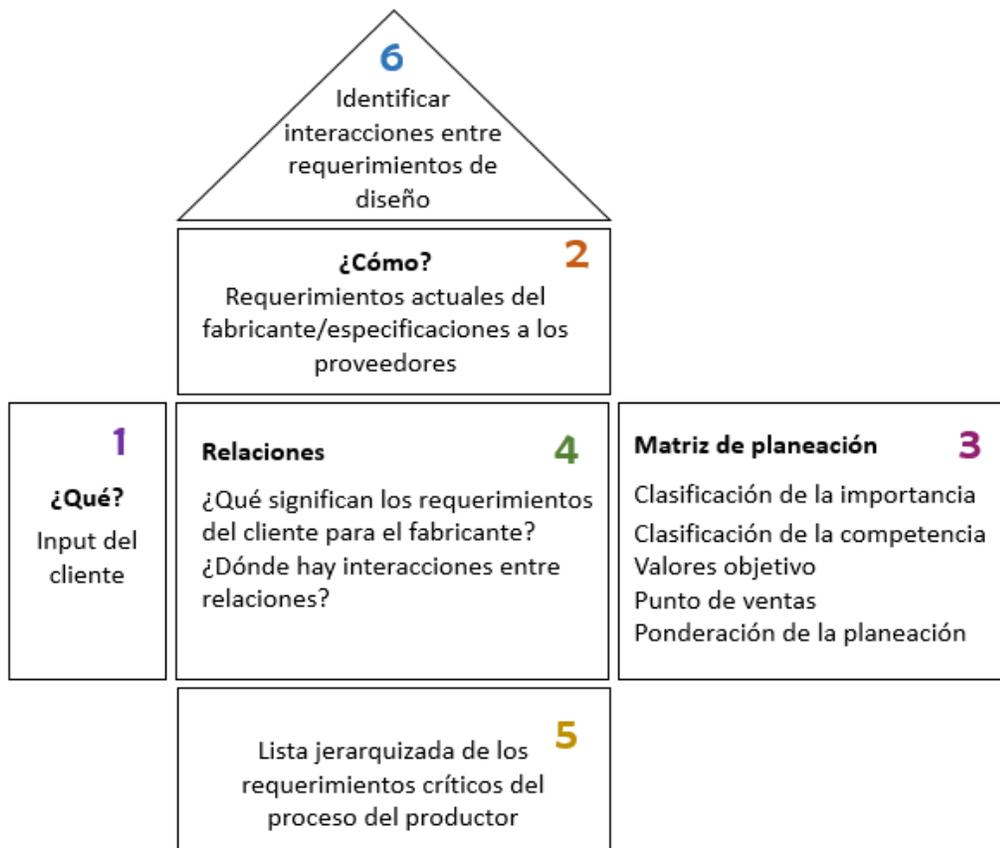
$$\begin{array}{l} \text{Coeficiente de satisfacción:} \\ (A+O) / (A+O+M+I) \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Coeficiente de insatisfacción:} \\ (O+M) / ((A+O+M+I)*(-1)) \end{array}$$

#### 4. Despliegue de función de la calidad

Esta técnica conocida como QFD, es un proceso de planeamiento que detalla las necesidades de los clientes y su principal objetivo es permitir el desarrollo de productos o procesos que logren cumplir a cabalidad los requerimientos de los clientes que se involucren con él. (Acuña, 2012, pag.335).

El despliegue de función de la calidad cuenta con distintas matrices ubicadas dentro de un diagrama denominado La casa de la calidad, como el mostrado en la Figura 8. Las matrices se van completando en el orden numérico establecido de modo que logren transformarse las necesidades del cliente en requerimientos de diseño puntuales para el producto o proceso a diseñar, que es el objetivo primordial de este Proyecto.



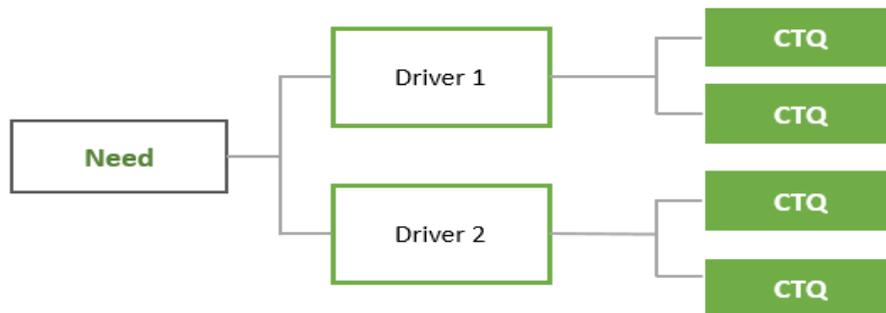
**Fuente:** Elaboración Propia con base en (Garro Chavarría , 2016)

Figura 8. Casa de la calidad, QFD

El despliegue de función de la calidad no solamente permite definir las características de diseño que van a satisfacer cada necesidad, si no también permite plantear las relaciones entre necesidad-característica de diseño con el fin de jerarquizar los requerimientos más críticos o de mayor peso para el cliente en función de esta relación, permitiendo de este modo el enfoque hacia los aspectos más importantes del diseño.

## 5. CTQ Tree

Para finalizar la etapa de traducción de las necesidades del cliente se utiliza la herramienta de árbol de críticos de calidad. Este árbol describe gráficamente las necesidades ya identificadas (need), a las cuales se les definen sus respectivos impulsores (drivers) y a cada uno de los impulsores se les asigna uno o más críticos de calidad (CTQ's). En el caso de este Proyecto, los CTQ's corresponden a las características de diseño identificadas y priorizadas en el despliegue de función de la calidad. La Figura 9 muestra un ejemplo de un árbol de críticos de calidad para una solicitud de transacción.



**Fuente:** Elaboración Propia

*Figura 9. Diagrama CTQ Tree*

Claro está, los requerimientos de un proceso o producto dependerán del tipo de industria o comercio en la cual estos se desarrollen, en este Proyecto, el producto se encuentra ubicado en un mercado de materiales para la construcción de edificaciones y calzadas. Más allá de la estética (que no deja de ser importante en

cualquier tipo de producto), en esta industria características como la resistencia, dimensiones y finos acabados son los requerimientos más sobresalientes y significativos para la calidad y la seguridad del producto.

La calidad para este tipo de industria solamente es alcanzable y sostenible en el tiempo con la implementación de sistemas de calidad rigurosos, efectivos y bien ejecutados y para poseer y estandarizar procesos rigurosos y entregar productos de calidad al cliente final es necesario un elemento sumamente importante en la industria, la normalización.

La normalización, por medio de la aplicación de reglas establece un orden a las actividades para obtener el cumplimiento de las exigencias funcionales y de seguridad de los productos y servicios del mercado, dichas reglas son conocidas como normas técnicas. La Asociación Americana para pruebas y materiales, conocida por sus siglas en inglés como ASTM provee normas utilizadas por industrias alrededor del mundo para aumentar la calidad y seguridad de los productos y servicios y así construir la confianza del cliente.

Según ASTM, (2017) “las normas ASTM son las herramientas para la satisfacción del cliente y la competitividad de empresas en un amplio rango de mercados”, esta cuenta con más de 12.000 normas entre las cuales se encuentran las normas utilizadas en la industria de materiales para la construcción.

Por su parte, Costa Rica cuenta con una asociación privada reconocida como el ente nacional de normalización, el Instituto de Normas Técnicas y Normalización (INTECO) se encarga de ajustar las normas internacionales a los estándares nacionales para así brindar soporte al sector comercial e industrial del país y proveer ventajas competitivas para estos en los mercados internos y externos. (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, 2017)

La fabricación y especificaciones de los agregados, bloques, adoquines y complementos de PEDREGAL se rigen por normas ASTM e INTE, al igual que los procedimientos para los muestreos de calidad de su laboratorio interno.

Entre las normas utilizadas en la empresa se encuentran normas sobre requisitos y especificaciones para los productos, normas con métodos de ensayo para análisis granulométrico en el caso de agregados y métodos de ensayo para análisis de falla, resistencia y módulo de ruptura en el caso de bloques, adoquines y complementos respectivamente, además de esto, se utilizan normas para el muestreo y ensayo de unidades de todos los productos, las cuales valieron como fuente de información para la estructuración del sistema de planificación de muestreo diseñado en este Proyecto.

Para el diseño de un proceso es fundamental conocer la capacidad que posee el sistema para desarrollarlo, como ya fue mencionado, Grupo Pedregal cuenta solamente con un laboratorio de calidad en su centro de producción principal, por lo que para la implementación de un proceso de calidad integral es necesario conocer la capacidad de su laboratorio. (Heizer & Bender, 2009).

En este Proyecto la capacidad se estima mediante la medición del trabajo realizado en el laboratorio comenzando con un riguroso estudio de tiempos en donde se logró determinar la duración de cada ensayo realizado a los productos en estudio.

## **6. Estudio de tiempos**

El estudio de tiempos es una técnica que permite registrar la duración y el ritmo de trabajo correspondiente a una tarea o procedimiento realizado en condiciones específicas las cuales son consideradas para determinar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida.

En este caso, para la toma de tiempos se hizo uso de una plantilla basada en los ejemplos proporcionados por Niebel y Freivalds, (2009) como lo muestra la Figura 10.

Estudio de tiempos					Estudio num:				Fecha:				Página __ de __									
					Operación:				Operador:				Observador:									
Número de elementos y descripción																						
Nota	Ciclo	C	LCr	TO	TN	C	LCr	TO	TN	C	LCr	TO	TN	C	LCr	TO	TN	C	LCr	TO	TN	
	1																					
	2																					
	3																					
	4																					
	5																					
	6																					
	7																					
	8																					
RESUMEN																						
T. Observado total																						
Calificación																						
T. Nivelado total																						
Num. Observaciones																						
T. Nivelado promedio																						
% Holguras																						
T. Estándar elemental																						
Frecuencia																						
Tiempo estándar																						
T. Estándar Total																						

**Fuente:** Elaboración propia con base en (Niebel y Freivalds, 2009)

*Figura 10. Plantilla para el estudio de tiempos*

Para la elaboración de un estudio de tiempos es necesario seleccionar un operario, analizar su trabajo y desglosarlo en elementos, registrar los tiempos transcurridos en la toma de tiempos, calificar el desempeño del operario y asignar las holguras adecuadas. (Niebel y Freivalds, 2009, pág.333).

Un aspecto importante por determinar es el número de ciclos del estudio de tiempos, General Electric propone la guía presentada en el Cuadro No. 12, la cual fue utilizada para calcular el número de ciclos en el estudio de tiempos de este Proyecto.

Cuadro No. 12 Número recomendado de ciclos de observación

Tiempo total ciclo (min)	Número ciclos recomendados
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2-5	15
5-10	10
10-20	8
20-40	5
40 o más	3

**Fuente:** Elaboración propia con base en (Niebel y Freivalds, 2009)

El sistema de calificación Westinghouse considera cuatro distintos factores para evaluar al operario y asignarle una calificación a su desempeño, estos factores son la habilidad, las condiciones de trabajo, el esfuerzo y la consistencia. Según Niebel y Freivalds, (2009) una vez asignadas las calificaciones a los cuatro factores los analistas pueden calcular el factor de desempeño con la combinación algebraica de los valores y la adición de un uno a esa suma. (ver tablas de calificación de sistema Westinghouse en Anexo 1).

Ya establecido el número de ciclos a tomar y determinada la calificación del operario el analista proceder a tomar el tiempo observado (TO) para calcular el tiempo nivelado (TN) multiplicando el tiempo observado por la calificación asignada al operario, sin embargo, para lograr obtener el tiempo estándar final es necesario incluir las demoras inevitables presentadas durante el trabajo, estas demoras se conocen como holguras y las mismas se asignan según ciertos estándares, la oficina internacional de trabajo de los Estados Unidos (ILO) ha tabulado mediante una serie de estudios distintos tipos de holgura y porcentajes asignables a estas según su peso en el desempeño y tiempo de duración de cualquier operario, esta tabulación se muestra en el Cuadro No. 13:

*Cuadro No. 13. Holguras recomendadas por ILO*

Tipo de holgura	% de holgura
Holgura constante personal	5
Holgura constante por fatiga básica	4
Holgura variable por estar de pie	2
Holgura variable por uso de fuerza (según libras levantadas)	10 lb -1 20 lb -3 30 lb -5 40 lb -9 50 lb -13 60 lb -17 70 lb -22
Holgura variable por monotonía	Baja-0 Media-1 Alta-4

**Fuente:** Elaboración propia con base en (Niebel y Freivalds, 2009)

De esta manera y con ayuda de la plantilla mostrada en la Figura 10. fue posible determinar por medio de un estudio de tiempos el tiempo estándar requerido por un operario para realizar cada uno de los ensayos realizados en el sistema de control de calidad de la empresa y en base a esto determinar la capacidad actual del laboratorio para poder determinar ciertos aspectos de diseño en siguiente etapa.

## 7. Estudio de muestreo de trabajo

Para el diseño de un nuevo proceso, tan importante es conocer la capacidad del sistema como la forma en la que se trabaja, para lo cual un estudio de muestreo de trabajo es el instrumento ideal. El estudio de muestreo de trabajo es una herramienta sencilla y ventajosa que le permite al interesado conocer el porcentaje de tiempo productivo ejecutado en un área de trabajo.

Por medio de un muestreo simple realizado a través de observaciones previamente definidas (cálculo de tamaño de muestra y frecuencia de muestreo) es posible conocer el porcentaje de tiempo destinado a actividades productivas e

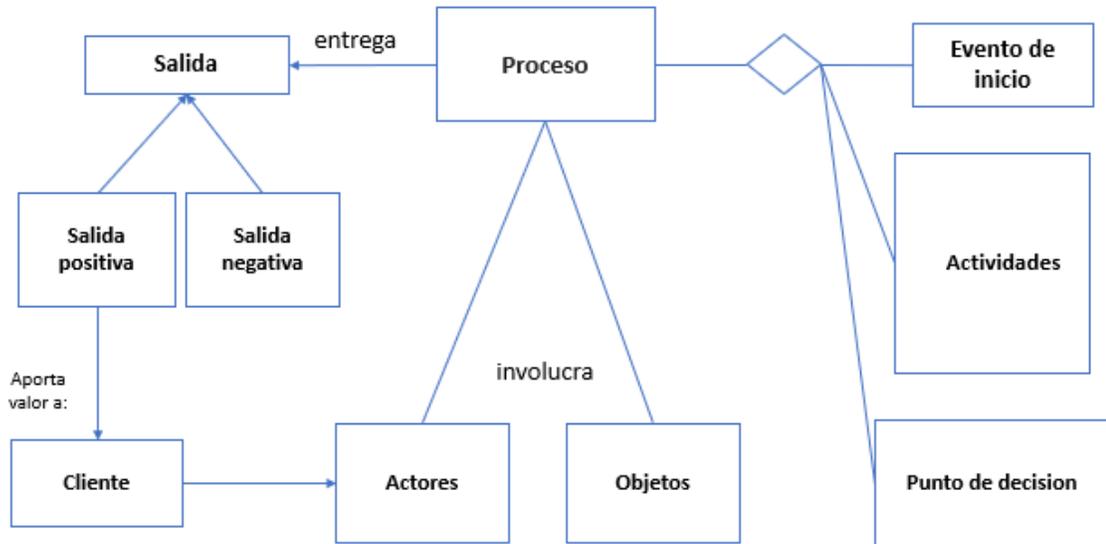
improductivas, estas actividades son definidas y clasificadas al inicio del estudio para cada vez que se realice una observación pueda anotarse el tipo de actividad que se estaba ejecutando en ese preciso momento.

Obtenidas todas las observaciones, se suman y se calcula la razón entre el total de observaciones y las observaciones correspondientes a actividades no productivas para de este modo lograr calcular el porcentaje de tiempo improductivo en esa área de trabajo. A la vez este estudio permite conocer el tipo de actividades que se ejecutan con mayor frecuencia a modo de identificar la causa raíz del tiempo improductivo para su corrección o enfoque en el diseño de la solución. (Niebel & Freivalds, 2009).

## **8. Estructuración de procesos**

Concluido el diagnóstico de la situación actual e identificados los requerimientos del cliente y condiciones del sistema, se procede con la elaboración del diseño del proceso. La estructuración de procesos es fundamental para definir las prioridades y el alcance de los proyectos de diseño o rediseño de procesos.

La teoría del Business Process Management propone iniciar la estructuración del proceso de negocio mediante la diagramación general de lo mismo, una forma efectiva de hacerlo es haciendo uso de diagramas como el mostrado en la Figura 11, en donde se expone de manera general cuál es el proceso, cuales podrían ser sus salidas positivas o negativas, a quién aporta valor el proceso y cuales actores y clientes intervienen en este, además permite visualizar de forma sencilla el evento que da inicio al proceso y todas las actividades que lo conforman así como los puntos de decisión que pueden presentarse en el camino.



**Fuente:** Elaboración propia

*Figura 11. Diagrama general de proceso de negocio*

Una vez definido el proceso a nivel general se procede a enlistar los procedimientos que integran el proceso para posteriormente definir específicamente los roles que cada actor tendrá en el desarrollo del mismo. Una manera sencilla de realizar esta labor es mediante el uso de una matriz de asignamiento de responsabilidades, mejor conocida como matriz RASCI.

La matriz RASCI se utiliza para relacionar las actividades o responsabilidades del proceso con los miembros del equipo del proyecto, esta relación se determina según el rol del miembro, ya sea Responsable (**R**), Accountable (**A**), Supervisor (**S**), Consulted (**C**) o Informed (**I**), la primera figura es aquella que tiene a su cargo el proceso, la segunda indica quién debe rendir cuentas, la tercera tiene la información y la capacidad para completar el trabajo y la última debe de informar los resultados pero, no es necesario consultarlo. (Luna, 2011) . La Figura 12. Muestra un ejemplo de la aplicación de esta matriz en cualquier empresa:

	Persona			
Actividad	Mariana	Carlos	David	Diana
Definir	A	R	I	I
Diseñar	I	A	R	C
Desarrollar	I	A	R	C
Probar	A	I	I	R

R = Persona Responsable A = Persona que Rinde Cuentas C = Persona Consultada I = Persona Informada

**Fuente:** Elaboración propia

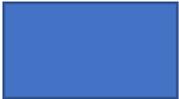
*Figura 12. Ejemplo de matriz RASCI*

Para completar la fase de diseño es necesario construir de manera muy detallada el diagrama de flujo del proceso diseñado. Según (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, (2013) el diagrama de flujo es “una representación gráfica de la secuencia de los pasos o actividades de un proceso.

Por medio de este diagrama es posible ver en qué consiste el proceso y cómo se relacionan las diferentes actividades”. Un diagrama de flujo permite conocer de qué manera procede cada paso del proceso y que ocurre en caso de que algunas de las actividades no se efectúen o en caso de que se deba tomar una decisión diferente al flujo normal del proceso.

Para la construcción de un diagrama de flujo existen distintas figuras y símbolos que representan gráficamente el proceso, en el Cuadro No. 14 se muestran algunos de los símbolos más utilizados en este tipo de diagramas y la descripción de lo que cada una de estas figuras representa:

Cuadro No. 14. Descripción figuras de un diagrama de flujo

Figura	Descripción
 <p><b>Terminal</b></p>	<p>Representa el inicio y el final del diagrama</p>
 <p><b>Líneas de flujo</b></p>	<p>Indican el orden en el que son ejecutadas las operaciones o actividades del proceso</p>
 <p><b>Proceso</b></p>	<p>Representa la ejecución de una actividad o procedimiento</p>
 <p><b>Decisión</b></p>	<p>Representa un punto de decisión de seguir un camino del diagrama u otro</p>
 <p><b>Datos</b></p>	<p>Representa la entrada o salida de datos</p>
 <p><b>Documentos</b></p>	<p>Representa la elaboración o presencia de documentos en forma impresa</p>

**Fuente:** Elaboración propia

## 9. Análisis económico

El análisis económico de un proyecto puede desarrollarse de distintas maneras, en este caso el mismo se desarrolla bajo un modo comparativo entre el costo de las propuestas de proceso diseñadas. Para realizar esta comparación se hace uso de tres indicadores VAN, VAC y CAE los cuales serán explicados a continuación:

- ✓ **Valor actual neto (VAN):** Popularmente conocido como VAN, el valor actual neto mide el excedente resultante del proyecto después de obtener la rentabilidad deseada y haber recuperado toda la inversión inicial. Calcula el valor actual de todos los flujos futuros de la caja y le resta la inversión total en el momento 0. (Sapag Chain, 2011)

*Cuadro No. 15. Interpretación del VAN*

VAN > 0	Se gana con el proyecto después de recuperar la inversión
VAN = 0	El proyecto reporta exactamente la tasa que se quería obtener
VAN < 0	Muestra el monto que falta para ganar la tasa que se deseaba obtener después de recuperada la inversión, puede presentar una alta rentabilidad, pero será menor a la exigida.

**Fuente.** (Sapag Chain, 2011)

✓ **Valor actual de costo (VAC):** Este indicador corresponde al costo actual del proyecto, por lo cual para su cálculo debe de proyectarse el costo del proyecto en un periodo de tiempo determinado (en este caso 5 años), para posteriormente trasladar este dinero a valor actual y conocer cuál es el costo del periodo proyectado actualmente, este costo actual es obtenido a partir del cálculo del VAN, por tanto, para el cálculo del VAC solamente se requiere sumar el valor actual neto obtenido y la inversión que se realiza en el año 0 del proyecto.

✓ **Costo anual equivalente (CAE):** Según Sapag Chain (2011), el costo anual equivalente corresponde al valor actual de los costos de un proyecto calculados respecto de una base anual uniforme equivalente, su resultado permite conocer el costo aproximado del proyecto en cada uno de los años en los que el mismo fue proyectado.

## 10. Metodología 5S

La metodología 5S es una metodología que permite la organización del trabajo con el fin de minimizar el desperdicio y asegurar la limpieza y el orden de las áreas de trabajo, su objetivo principal es mejorar la productividad, eliminar el exceso de objetos y herramientas obsoletos y mantener áreas de trabajo limpias y seguras.

Según Sacristán (2005), esta filosofía se edifica en 5 etapas correspondientes a las cinco "S" de la filosofía, las cuales se detallan a continuación:

- **Seiri:** Esta etapa corresponde a la etapa de clasificación en donde se separan los objetos útiles de los inútiles con el fin de reducir las mudas que atrasan el proceso productivo. Una vez realizada la separación se debe decidir qué hacer con los objetos inútiles, ya sea desecharlos, donarlos o venderlos.
- **Seiton:** La segunda etapa de la metodología corresponde a la etapa de ordenar, en la misma se debe de asignar un lugar a cada artículo o herramienta clasificado como útil en la etapa anterior, este orden permite que los elementos sean encontrados fácilmente por quien los necesite, ahorrando tiempos de búsqueda y movimientos innecesarios.
- **Seiso:** Esta corresponde a la etapa de limpieza la cual consiste en identificar y eliminar las fuentes de suciedad de las zonas de trabajo con el fin de que estas se mantengan siempre en el estado idóneo para trabajar.

- **Seiketsu:** La cuarta etapa de la metodología corresponde a la estandarización de las tres etapas anteriores, en esta se busca convertir estas actividades en hábitos diario con el fin de mantener la mejora continua y asegurar la productividad y el orden de las zonas de trabajo.
- **Shitsuke:** Esta corresponde a la última etapa de la metodología en donde se busca crear la autodisciplina para evitar que se rompan las etapas anteriores, en ella se incluye el control periódico de las zonas de trabajo, las auditorías sorpresas y la motivación de los empleados por mejorar la calidad de su espacio laboral.

## 11. Simulación

En su libro “Simulación de procesos, Acuña, (2005) explica que “La simulación se ha convertido en una excelente herramienta para sustituir la experimentación in situ, la cual resulta cara, lenta y riesgosa”, en este proyecto, el método utilizado para comprobar la eficiencia del proceso diseñado es el modelado y la simulación de procesos.

Existen distintos softwares que permiten la simulación de procesos, en este caso se hace uso del software Arena Simulation el cual permite modelar de manera robusta los procesos. Para realizar la modelación de procesos como los propuestos en este Proyecto es necesario definir distintos aspectos que permitan posteriormente simular el proceso de la forma más similar a la realidad posible, para esto es necesario establecer probabilidades de ocurrencia de actividades, tiempos de duración, recursos y los puntos de decisión de modo que la simulación arroje resultados confiables y seguros.

### **III. METODOLOGÍA DEL PROYECTO**

#### **A. Metodología por desarrollar:**

En este capítulo se describe de forma detallada las actividades realizadas en el proyecto y los métodos y herramientas utilizados para el desarrollo de cada etapa. Para dar inicio al proyecto fue necesario definir el tipo de investigación a desarrollar, según Hernández Sampieri, Fernández Collado, y Baptista Lucio, (2010) “la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica para establecer patrones de comportamiento y probar teorías” corresponde al tipo de investigación cuantitativa, dado a que para el desarrollo de este Proyecto es necesario medir la situación actual del sistema de calidad actual para establecer su capacidad y necesidades, se desarrolla una investigación cuantitativa en donde se define como sujeto de investigación al sistema de control de calidad de la empresa Grupo Pedregal.

La metodología de este Proyecto se basó en la metodología DMADV (**Definir-Medir-Analizar-Diseñar-Verificar**), y cada una de sus fases fue desarrollada en distintos capítulos del proyecto. La forma en la que fueron abarcadas las 5 fases de esta metodología se detalla a continuación:

#### **1. Definir**

La etapa de definir se desarrolló en el primer capítulo de este Proyecto e incluye todos los aspectos relacionados con el planteamiento del mismo. La etapa inicia con la definición de los productos y procesos que van a ser estudiados en el proyecto según la necesidad que presenta la empresa, esto se realizó por medio de un diagrama SIPOC en donde se definieron claramente las entradas, salidas, proveedores y clientes de cada proceso. Una vez conocido el proceso y determinada la necesidad, se procedió a conocer y cuantificar los efectos que este ha ocasionado en la empresa para elaborar la justificación.

Planteado el problema y la justificación del proyecto se plantearon los objetivos general y específicos que deseaban ser desarrollados para solventar la necesidad planteada, además de esto se estableció el alcance del proyecto, en donde se especificaron las áreas y las familias de productos tomados en consideración para el diseño de la propuesta del proceso de calidad además de los aspectos que limitan el desarrollo del proyecto. Además, se determinaron todas las partes interesadas del proyecto con el fin de obtener en la siguiente etapa las necesidades del sistema por parte de la voz de los clientes internos del proceso de control de calidad.

Finalmente, se definió un cronograma de trabajo semanal en donde se establecieron las fechas en las cuales debían iniciar y finalizar cada una de las actividades planteadas para el desarrollo y finalización de este Proyecto, de modo que todo lo establecido se cumpliera en el periodo establecido de 13 semanas, además se realizó una reunión con el asesor industrial del proyecto para obtener la validación del planteamiento del proyecto.

## **2. Medir**

Una vez concluida la etapa de definición se procede a la etapa de medir en donde se recopiló y tabuló toda la información necesaria para conocer la situación actual de la empresa. Para conocer y medir la situación actual fue necesario primeramente realizar un análisis de la estructura procedimental de la empresa para así identificar los procedimientos que se llevan a cabo en el sistema de control de calidad y con esto identificar los clientes internos que intervienen en este. Identificados y estudiados los procedimientos se aplicó un cuestionario a los clientes internos para conocer y entender cuáles eran las necesidades específicas del sistema que se debían ser satisfechas.

Seguidamente, se procedió a priorizar las necesidades identificadas por medio del método Kano, para posteriormente transformar las peticiones de los clientes en especificaciones ingenieriles de diseño que garantizaran la satisfacción de las necesidades, esto mediante el desarrollo de un Despliegue de función de calidad

(QFD). Finalmente, se desarrolló con base en los resultados del QFD un CTQ Tree con el fin de visualizar claramente las salidas del proceso a diseñar y los valores meta de la propuesta de diseño.

### **3. Analizar**

En esta etapa se desarrolló la medición del trabajo realizado en el laboratorio con el cálculo del tiempo estándar de los ensayos realizados por medio de un estudio de tiempos, también con ayuda de un estudio de muestreo de trabajo se determinó el porcentaje de improductividad del laboratorio y se determinó el tiempo efectivo con el que se cuenta semanalmente para trabajar con el fin de calcular la capacidad de generación de informes de calidad por parte del laboratorio.

Por otra parte, se definió la relación existente entre los requerimientos de diseño identificados y las especificaciones técnicas que enmarcan la normativa utilizada para el control de calidad de los productos de Grupo Pedregal. Además, en esta etapa se analizó toda la información obtenida en la etapa anterior de modo que se pudieran realizar las conclusiones pertinentes respecto al estado de la situación actual de la empresa.

### **4. Diseñar**

Posteriormente, una vez definidas las necesidades del sistema actual y la forma en la que las mismas van a ser solventadas se procede a la etapa de **Diseñar** en donde se diseñan las propuestas de proceso que permitan llevar a cabo el control de calidad en Grupo Pedregal estableciéndose todas las etapas y recursos a involucrar.

#### **4.1. Estructuración**

La etapa comenzó con la definición de la estructura lógica y estratégica de diseño del proceso contemplando todos los requerimientos que fueron establecidos en el análisis de la etapa anterior, en esta estructura se abarcó de manera muy

general el proceso, las posibles respuestas positivas y negativas del mismo, los actores y objetos involucrados y todas las actividades que lo componen de modo que lo todo sea considerado posteriormente en la arquitectura y estructura final del proceso.

Definida la estructura general se desarrolló la matriz de asignación de personal en donde se establecieron las responsabilidades correspondientes para cada uno de los actores del proceso según las actividades planteadas en la estructura general.

#### **4.2. Establecimiento de recursos**

Una vez establecida la estructura se establecieron los recursos por involucrar en el diseño del proceso, en donde se abarcaron recursos para la planificación del muestreo, la necesidad de adquirir equipo nuevo para la toma de muestras y ejecución de ensayos, el recurso humano para la toma de muestras, el recurso de transporte para el traslado de muestras y los recursos necesarios para la gestión de la información a través del proceso diseñado

#### **4.3. Diseño final y construcción**

La etapa de diseño finalizó con esta fase en donde se diseñaron dos propuestas de proceso, una basada en un escenario ideal <sup>2</sup> y otra basada en condiciones<sup>3</sup> establecidas por la empresa.

Los diseños de ambas propuestas iniciaron con la presentación de ambos escenarios comparando sus principales diferencias y definiendo los recursos que cada uno requiere para ser puesto en marcha. Una vez presentadas y diferenciadas las propuestas se presentaron los diagramas de flujo completos en donde se involucraron todos los procedimientos de inicio a fin.

---

<sup>2</sup> Con todos los recursos necesarios para solventar los requerimientos del cliente interno

<sup>3</sup> Condiciones a nivel económico, es decir propuestas que requieran la mínima inversión.

## **5. Verificar:**

Finalmente, se encuentra la fase de verificación la cual se desarrolla en los capítulos VI y VII del proyecto, la misma cuenta con 6 etapas de verificación que serán detalladas a continuación:

### **5.1. Análisis económico**

En esta etapa se evaluará mediante un análisis económico el rendimiento de las propuestas planteadas para así conocer la viabilidad de su futura implementación, además se realizará un análisis comparativo del costo ambas propuestas con el fin de visualizar cuál de ellas es más rentable para la empresa en términos de utilidades generadas.

### **5.2. Verificar el potencial de cada propuesta**

Para evaluar el funcionamiento del proceso cada propuesta de proceso se hizo uso del software Bizagi, en donde se modelaron las propuestas de diseño involucrando todos y cada uno de los procedimientos, actores y recursos del mismo, una vez modelados se procedió con la simulación para obtener la efectividad de ambos escenarios de modo que pueda seleccionarse la opción más adecuada para la empresa.

### **5.3. Pruebas piloto**

Con el fin de comprobar el funcionamiento de la plantilla diseñada se procede a ejecutar una serie de pruebas piloto.

Mediante el ingreso de datos históricos de producción se ejecuta la plantilla para obtener el plan de muestreo y comprobar el funcionamiento de la plantilla y comprobar la capacidad del software de servir como medio de consulta.

#### **5.4. Planes de implementación**

En esta etapa se plantean los planes de implementación de las dos propuestas de proceso con el fin de dejar a la empresa una guía en caso de que decida implementar a futura una de las dos propuestas planteadas.

Además de los planes de implementación de ambas propuestas se presenta el plan de implementación de un plan 5s para proveer orden, limpieza y organización al laboratorio de control de calidad de la empresa de modo que las actividades referentes al proceso puedan ser ejecutadas a cabalidad.

#### **5.5. Presentación y aprobación de la propuesta**

Esta etapa corresponde a la etapa de revisión final de las propuestas por parte de la empresa, en ella se da la presentación de las propuestas a las partes interesadas con el fin de conocer su opinión para la corrección e incorporación de detalles que permitan su aprobación final.

#### **5.6. Presentación del proyecto**

Finalmente, se procede a la etapa finaliza al completarse la documentación y dar cierre al proyecto para su defensa pública ante los miembros del Tribunal Examinador.

## B. Matriz metodológica del proyecto

A continuación, se muestra de manera detallada cada una de las etapas de la metodología DMADV presentando las actividades a realizar en cada etapa, los resultados esperados, las herramientas a utilizar y la relación de la etapa con los objetivos específicos del proyecto.

*Cuadro No. 16. Cuadro de matriz metodológica del proyecto*

Etapa	Objetivo	Actividades por realizar	Técnicas y herramientas	Resultado esperado
D	Definir el proyecto para su posterior desarrollo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plantear la necesidad de la empresa.</li> <li>- Determinar la justificación del estudio</li> <li>- Definir el objetivo general y objetivos específicos del proyecto</li> <li>- Definir el alcance y las limitaciones del proyecto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entrevistas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Necesidades de la empresa</li> <li>-Justificación,</li> <li>- Objetivos a cumplir</li> <li>- Alcances y limitaciones.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Determinar las partes interesadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diagrama de partes interesadas</li> <li>-Matriz de poder/interés de los interesados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reconocimiento y análisis de partes interesadas</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecer el plan de trabajo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Diagrama de Gantt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Cronograma del proyecto</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Validar con el asesor industrial el objeto del proyecto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No aplica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Validación del asesor industrial</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia

Cuadro No. 17. (Continuación) Cuadro de matriz metodológica del proyecto

Etapa	Objetivo	Actividades por realizar	Técnicas y herramientas	Resultado esperado
M	Analizar los procedimientos actuales en función de establecer las brechas entre este y el proceso óptimo que requiere la organización.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar un análisis de la estructura procedimental de la empresa</li> <li>-Identificar los clientes internos que participan en los procedimientos identificados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Visitas a departamentos involucrados</li> <li>-Entrevistas a personal involucrado</li> <li>-Diagrama SIPOC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inventario de procedimientos</li> <li>- Identificación de clientes internos</li> </ul>
	Determinar los requerimientos de diseño que permitan satisfacer las necesidades identificadas en el sistema de control de calidad actual de la empresa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Establecer las necesidades específicas a satisfacer</li> <li>-Priorizar los requerimientos del sistema</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Cuestionario a clientes internos</li> <li>-Diagrama de afinidad</li> <li>-Modelo de Kano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Lista de necesidades del sistema</li> <li>-Priorización de necesidades</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Determinar cómo transformar las necesidades en aspectos propios del proceso a diseñar</li> <li>- Visualizar los requerimientos críticos de diseño</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Despliegue de función de calidad</li> <li>-CTQ Tree</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transformación de necesidades en requerimientos de diseño</li> </ul>
A	Analizar el sistema de calidad actual.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medir el trabajo realizado en el laboratorio</li> <li>- Definir la relación existente entre los requerimientos de diseño y las especificaciones técnicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Estudio de tiempos</li> <li>-Estudio de muestreo de trabajo</li> <li>-Cálculo de capacidad del laboratorio</li> <li>-Matriz de relación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Tiempo estándar ensayos de calidad</li> <li>-Productividad del laboratorio</li> <li>-Tiempo efectivo</li> <li>-Asocie entre características de diseño y normas técnicas</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No. 18. (Continuación) Cuadro de matriz metodológica del proyecto

Etapa	Objetivo	Actividades por realizar	Técnicas y herramientas	Resultado esperado
D	Diseñar propuesta de proceso integral para el control de calidad de los productos	-Definir la estructura lógica y estratégica general del proceso	- Arquitectura de procesos	- Estructura general del proceso
		-Asignar responsabilidades a los actores del proceso	-Matriz RASCI	-Responsabilidades asignadas
		-Definir los recursos por involucrar enValidació el diseño de cada propuesta -Proponer recursos nuevos -Diseñar recursos necesarios	-Cuadro de comparación de recursos entre propuestas -Diseño de plantilla en Excel	-Incluir todos los recursos necesarios en el diseño
		-Diseño de flujo completo de cada propuesta de proceso	-Diagramas de flujo	-Arquitectura y flujo completo de las propuestas
V	-Análisis económicamente cada propuesta de proceso diseñada	- Desarrollo de análisis económico para cada propuesta	- Análisis económico	-Viabilidad económica de cada propuesta
	-Validar el potencial de mejora que implicaría la implementación de cada propuesta.	- Modelar y simular las propuestas de proceso	-Simulación de propuestas por medio del software Arena	-Análisis de resultados de la simulación
	-Plantear recomendaciones que permitan la correcta implementación e integración de la propuesta al sistema de control de calidad de la empresa.	-Diseñar planes de implementación para cada propuesta -Diseñar plan de implementación 5s -Plantear recomendaciones	-Planes de implementación	-Propuestas para la futura implementación de la propuesta de proceso seleccionada
	-Presentar el proyecto	-Presentación y aprobación de las propuestas por las partes interesadas. -Finalizar y presentar el proyecto	-Exposiciones orales	-Documentación completa -Defensa del proyecto

Fuente: Elaboración propia

## **IV. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

En este capítulo se desarrollan las etapas medir y analizar de la metodología Seis Sigma DMADV. El diagnóstico iniciará con la identificación del cliente con el fin de medir, conocer y comprender sus necesidades para posteriormente priorizar los requerimientos de mayor importancia mediante la aplicación del Modelo de Kano. Con el desarrollo de un despliegue de función de la calidad se transformarán las necesidades identificadas en características de diseño específicas para la propuesta de proceso que se desea desarrollar más adelante.

El capítulo concluirá con la medición del trabajo realizado en el laboratorio de control de calidad de la empresa mediante un estudio de tiempos, un estudio de muestreo de trabajo y el cálculo del tiempo efectivo semanal, esto con el fin de visualizar la capacidad con la que cuenta el laboratorio actualmente para satisfacer el sistema de control de calidad con el nuevo proceso. Además, se establecerá la relación existente entre la normalización y las características de diseño propuestas de modo que estas se adapten al diseño de un proceso integral que logre asegurar la calidad en los agregados, bloques, adoquines y complementos fabricados por la empresa.

### **A. Análisis de la estructura procedimental**

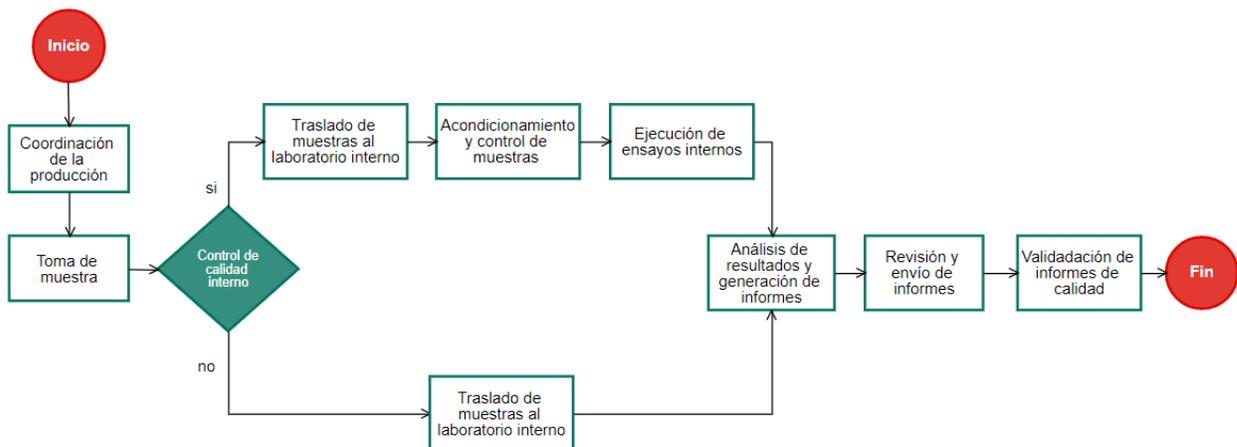
Según las visitas y la entrevista realizada al Gerente Técnico de la empresa se lograron identificar 9 procedimientos que comprenden el sistema de control de calidad utilizado para los agregados, bloques, adoquines y complementos fabricados por la empresa.

El sistema de control de calidad de Grupo Pedregal parte desde la planificación de la producción con la elaboración de un planning de producción semanal para cada uno de los once centros de producción de la empresa, con este planning el supervisor de producción coordina el arranque del proceso de fabricación de los productos en todos los sitios. Posteriormente, una vez que se cuenta con el producto terminado el

departamento de control de calidad se encarga de realizar el muestreo de los productos para la ejecución de los ensayos de calidad correspondientes.

En la empresa se manejan ensayos de calidad a nivel interno y a nivel externo, los ensayos de calidad externos son realizados por 3 laboratorios de control de calidad certificados para la entrega de certificaciones de calidad a clientes finales de la empresa, por su parte los ensayos de calidad internos se desarrollan por el laboratorio de control de calidad de la empresa para el control de la liberación de productos y para su optimización en caso de detectar no conformidades.

El Departamento de calidad de la empresa está a cargo de un coordinador de calidad y cuenta con dos técnicos de laboratorio quienes se encargan de ejecutar los ensayos de calidad internos para todos los productos elaborados en los once centros de producción. Una vez que se obtienen los resultados de los ensayos realizados el coordinador de calidad se encarga de interpretar estos resultados y generar informes de calidad para enviarlos al gerente técnico quien realiza la revisión de los informes para finalmente enviarlos a la Gerencia de producción, a los Coordinadores de ventas y al Director de operaciones para que realicen la valoración de la calidad de los productos que están siendo fabricados. Con el fin de tener un panorama más claro de estos procedimientos y su secuencia en la Figura 13 se presenta el diagrama de flujo del sistema.



**Fuente:** Elaboración Propia

*Figura 13. Procedimientos para el control de calidad actual en PEDREGAL*

Es importante resaltar que se conoció por parte de trabajadores del departamento de producción y calidad que en ocasiones el orden y la frecuencia de estos procedimientos no se cumple o varía, dado a que en algunos casos estos se ejecutan parcialmente o no se ejecutan en su totalidad.

El Gerente Técnico de la empresa mencionó en una de las entrevistas realizadas que actualmente la toma de muestras no se realiza con la frecuencia requerida y que la generación de informes de calidad es deficiente ya que según registros consultados recibe menor cantidad de informes de los que debería de recibir. Es por esta razón que se considera que los procedimientos con los que cuenta el sistema de control de calidad de la empresa pueden no ser suficientes o pueden estarse llevando a cabo de manera inadecuada o incompleta.

Con el fin de evaluar el estado de estos procedimientos e identificar cuáles de ellos se encuentran activos, bien definidos y actualizados, se procedió a aplicar <sup>4</sup> una lista de chequeo para analizar la estructura procedimental del sistema actual. Los resultados de esta lista de chequeo se muestran a continuación en el Cuadro No. 19.

*Cuadro No. 19. Lista de chequeo para el análisis de la estructura procedimental*

Procedimientos	Estado			
	Existe	Bien definido	Actualizado	Debe de mejorar
Coordinación de la producción	✓	✓	✓	X
Toma de muestra	✓	X	X	✓
Traslado de muestras al laboratorio interno	✓	X	X	✓
Almacenamiento y control de muestras	✓	✓	✓	X
Traslado de muestras al laboratorio externo	✓	X	X	✓
Ejecución de ensayos internos	✓	✓	✓	X
Análisis resultados, generación y envío informes	✓	✓	✓	X
Revisión y envío de informes	✓	X	X	✓
Valoración de informes de calidad	✓	✓	✓	X

**Fuente:** Elaboración propia

<sup>4</sup> La evaluación se realizó con base en las entrevistas y visitas realizadas y con la opinión del Gerente Técnico de la empresa.

Con base en los resultados obtenidos en las columnas “Bien definido” y “Actualizado” de la lista de chequeo anterior se planteó la última columna (Debe de mejorar) en donde se concluye si el procedimiento debe de mejorarse o no con base en el siguiente criterio:

- Si el procedimiento no cumple con una buena definición y si se encuentra actualizado, debe mejorarse.
- Si el procedimiento no cumple con una buena definición y no se encuentra actualizado, debe mejorarse.
- Si el procedimiento cumple con una buena definición y se encuentra actualizado, no debe mejorarse.

Con esto se evidencia la presencia de oportunidades de mejora en cuatro de los nueve procedimientos del sistema de control de calidad, identificándose la existencia de todos los procedimientos y una mala definición y falta de actualización específicamente en los procedimientos de toma de muestra, traslado de muestras al laboratorio interno, traslado de muestras al laboratorio externo y envío de informes. La validación de este diagnóstico fue realizada por el asesor industrial del proyecto y Gerente Técnico de la empresa, el señor German Gómez Sandoval.

## **B. Identificación de clientes internos y externos del proceso**

Para la identificación de los clientes internos y externos del sistema de control de calidad de la empresa se realizaron una serie de visitas a los departamentos de producción, calidad y ventas de la compañía, en las cuales se realizaron entrevistas al personal con el fin de conocer más a fondo los procedimientos que se desarrollan en cada departamento y conocer las principales funciones y responsabilidades de cada persona, con el fin de identificar si las mismas participaban o no como clientes internos del sistema.

Con base en lo evidenciado en estas entrevistas se procedió a construir el diagrama SIPOC desarrollado en el Cuadro No. 20 en donde se detallan los

procedimientos del Sistema de Control de Calidad actual, además de las entradas, salidas, proveedores y clientes para cada uno de estos procedimientos.

*Cuadro No. 20. SIPOC para identificación de clientes internos y externos*

<b>S</b>	<b>I</b>	<b>P</b>	<b>O</b>	<b>C</b>
Supervisor de producción	Planning de producción semanal	Coordinación de producción	Informe producción semanal	Coordinador calidad
Coordinador calidad	Informe producción semanal	Toma de muestra	Muestras	Técnico laboratorio
Técnicos de laboratorio (2)	Muestras	Traslado de muestra al laboratorio interno o externo	Muestra para ensayos	Laboratorio externo
				Técnico laboratorio
Técnico de laboratorio	Muestra para ensayos	Almacenamiento y control de muestras en laboratorio interno	Muestras almacenadas	Técnico de laboratorio
Técnico de laboratorio	Muestras acondicionadas	Ejecución de ensayos internos	Resultado de ensayos	Coordinador calidad
Coordinador calidad	Resultado de ensayos	Análisis de resultados, generación y envío de informes internos y externos	Informes de calidad internos	Gerente Técnico
			Informes de calidad externos	Coordinador ventas
Gerente Técnico	Informes de calidad internos	Revisión de informes	Informes para valoración	Director operaciones
Director operaciones	Informes para valoración	Valoración de informes de calidad	-	-

**Fuente:** Elaboración propia

El Cuadro No. 20 muestra a los clientes internos y externos identificados en el control de calidad de Grupo Pedregal, a nivel interno se cuenta con 6 clientes que van desde la coordinación de la producción hasta la valoración de informes de calidad y en el caso de los clientes externos del proceso se identificaron los laboratorios Vieto & Asociados, la Compañía Asesora en Construcción e Ingeniería S.A. (**CACISA**) y el Laboratorio de Gestión en Calidad S.R.L (**LGC**) quienes se contratan para la realización de ensayos a los productos para la entrega de certificaciones de calidad a sus clientes finales.

Como se observa en el diagrama SIPOC, la participación del Coordinador de ventas finaliza posterior al procedimiento de análisis de resultados, generación y envío de informes ya que esta persona recibe los informes de calidad **externos** que son utilizados como certificaciones de calidad entregables a los clientes finales que así lo soliciten, dando final al control de calidad externo de la empresa. El caso contrario se presenta con los informes de calidad **internos** los cuales son recibidos y revisados por el Gerente de Calidad para posteriormente ser enviados al Director de Operaciones para su validación final, concluyendo así el control de calidad interno de la empresa.

### **C. Identificación de las necesidades del cliente**

Una vez identificados los procedimientos del sistema y reconocidos los clientes internos del mismo, se procedió a recopilar información por medio de un cuestionario el cual se basó en la evaluación del sistema de control de calidad actual por parte de los clientes, de modo que pudiera a la vez conocerse cuáles eran sus necesidades como clientes y como proveedores internos del sistema. El cuestionario se dividió en tres partes, la primera parte se dirigió a evaluar la estructuración del sistema de control de calidad, para posteriormente evaluar la eficiencia del sistema y por último se buscó conocer la percepción de cada entrevistado como cliente interno del proceso (Ver plantilla para aplicación del cuestionario en Apéndice 2).

La primera parte del cuestionario consta de 5 preguntas sobre la estructura del sistema de control de calidad, con ellas se logró conocer que todos los encuestados saben cuál es su función dentro del sistema de calidad y dicen conocer cuáles son los procedimientos que se llevan a cabo en este sistema, sin embargo, la mayoría considera que no existe una clara definición de estos procedimientos.

Los encuestados consideran que para contar con un sistema de control de calidad bien estructurado falta incluir algunos procedimientos en el sistema actual, la mayoría concuerda con que es necesario un procedimiento que facilite la comunicación entre las fases de coordinación de producción y la toma de muestras, es decir, un procedimiento en donde se logre planificar cuidadosamente el muestreo y no ocurran

errores como los que se han estado presentado en los últimos meses por el muestreo incorrecto de productos. Además, se logra evidenciar la necesidad de una mejor comunicación entre dos departamentos esenciales para el desarrollo del control de calidad de la empresa, el departamento de coordinación de producción y el departamento de calidad.

En la segunda parte de la encuesta se logró conocer que todos los encuestados consideran que el sistema de control de calidad no se está ejecutando de manera adecuada y la mayoría cree que existen puntos en el sistema en donde se dificulta la fluencia de información. Por otra parte, el 60% de los encuestados reconocen que actualmente el control de calidad de los productos no se está realizando conforme lo establece la normativa debido a que no se está cumpliendo con la cantidad y la frecuencia de ensayos establecido para cada tipo de producto.

Todos los encuestados concuerdan en que no existen actividades de control suficientes para verificar y monitorear el cumplimiento de las especificaciones de los productos y que hay aspectos del sistema de control de calidad que deberían mejorar. Finalmente, se les preguntó cómo calificarían la eficiencia del sistema de control de calidad actual de Grupo Pedregal con base en la escala (muy deficiente, deficiente, bueno, eficiente, muy eficiente) con lo que se obtuvo que una persona considera que el sistema es deficiente mientras los 6 encuestados restantes consideran que este es bueno, con lo que puede concluirse que en general los encuestados creen que el sistema de control de calidad se encuentra por debajo del promedio de eficiencia.

En la última parte del cuestionario se quiso conocer la perspectiva de los encuestados en su papel como clientes internos del sistema de calidad, se logró conocer que todas estas personas consideran que los procedimientos a su cargo aportan valor al sistema de control de calidad más no se encuentran satisfechos con el servicio que reciben de sus proveedores internos lo cual evidencia que existe un grado considerable de disconformidad por parte de estas personas, además todos concuerdan en que deben mejorarse ciertos aspectos en el sistema para poder desarrollar sus funciones y entregar un buen producto a la siguiente etapa.

Finalmente, para conocer cuáles son los aspectos que estas personas consideran que deben mejorarse en el sistema de control de calidad y a la vez conocer y entender sus necesidades se les preguntó cuáles consideraban que eran las características más importantes que debe de presentar el Sistema de control de calidad de la empresa para que ellos en su papel de clientes internos puedan recibir un buen producto o servicio de las otras etapas del proceso. El Cuadro No. 21 muestra todos los requerimientos identificados en el cuestionario según el procedimiento del sistema actual al cual corresponden.

*Cuadro No. 21. Cuadro de requerimientos identificados según procedimiento*

PROCEDIMIENTO	REQUERIMIENTOS IDENTIFICADOS
Coordinación de producción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puntualidad en recibimiento del planning</li> <li>• Inspección del producto en el proceso</li> </ul>
Toma de muestra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recibir informe de producción de todos los sitios semanalmente y completos</li> <li>• Planificación de muestreo</li> <li>• Personal capacitado para la toma de muestras</li> <li>• Comunicación fluida con control de producción</li> <li>• Especificaciones técnicas de procedimiento</li> </ul>
Traslado de muestras laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medio para trasladar muestras al laboratorio interno y externos</li> </ul>
Almacenamiento y control	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especificaciones técnicas de procedimiento</li> <li>• Espacio para almacenamiento</li> <li>• Base de datos para registro de muestras</li> <li>• Espacio y equipo para acondicionamiento de muestra</li> </ul>
Ejecución de ensayos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especificaciones técnicas de procedimiento</li> <li>• Equipo para ejecución de ensayos</li> </ul>
Análisis de resultados y generación de informes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recibir resultados a tiempo</li> <li>• Recibir resultado de todos los ensayos solicitados</li> <li>• Confiabilidad de resultados</li> <li>• Fechas de envío de informes</li> </ul>
Revisión y envío de informes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recibir informes a tiempo</li> <li>• Recibir totalidad de informes</li> </ul>
Valoración de informes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confiabilidad en los informes</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración Propia

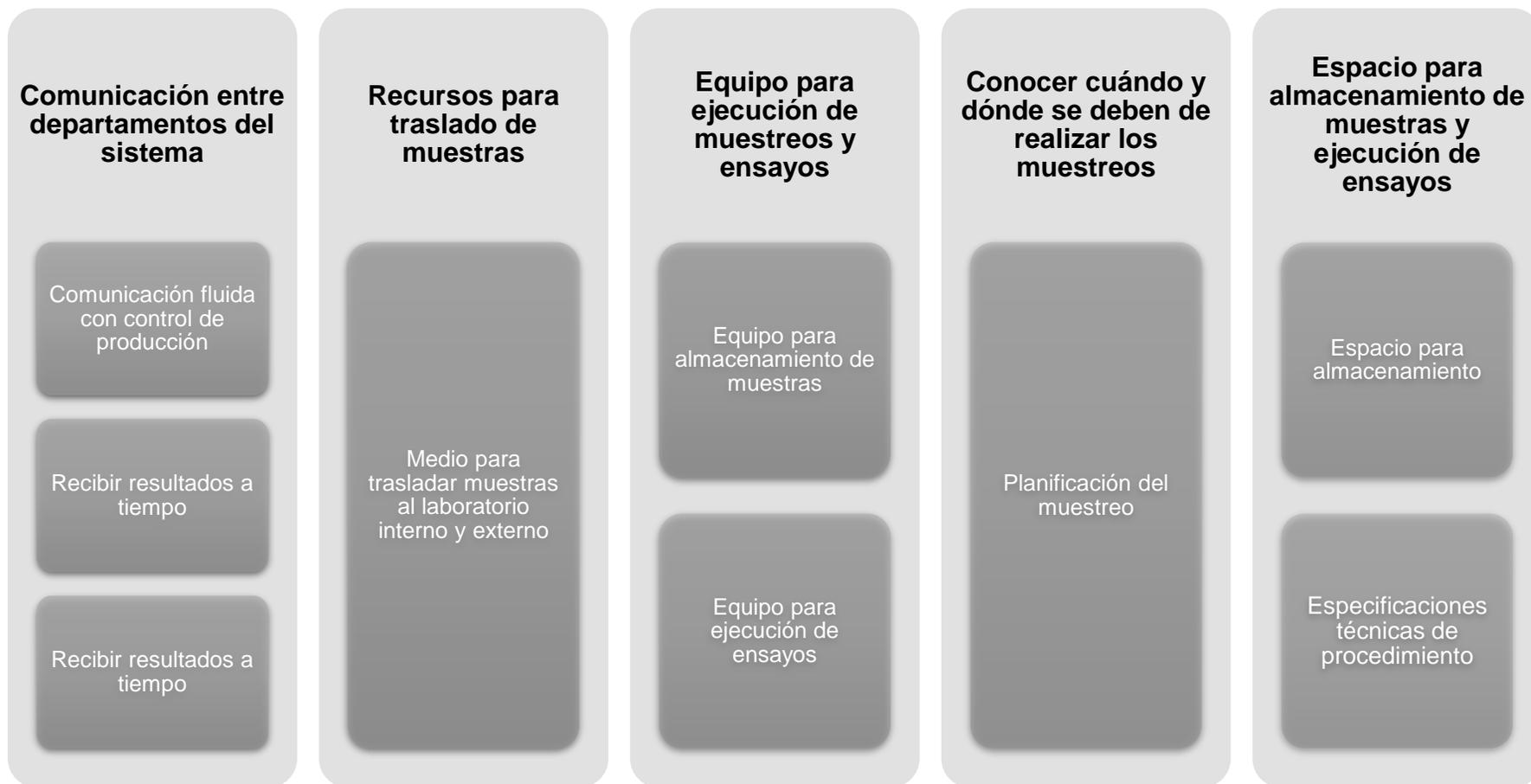
#### D. Priorización de necesidades

Para realizar la priorización de las necesidades se tomó la decisión de hacer uso del Modelo Kano, para ello primeramente fue necesaria la clasificación y reducción de los requerimientos identificados en el Cuadro No. 21, esto se realizó clasificando y agrupando los requerimientos según su tipología mediante el diagrama de afinidad mostrado a en las Figuras 13 y 14:



Fuente: Elaboración Propia

Figura 14. Diagrama de afinidad de necesidades parte 1



**Fuente:** Elaboración Propia

*Figura 15. Diagrama de afinidad de necesidades parte 2*

Con esta clasificación, de los 21 requerimientos identificados se obtuvo un total de 10 requerimientos necesarios para la correcta ejecución del sistema de control de calidad, mostrados en la siguiente lista:

1. Conocer la producción semanal de todos los sitios
2. Recolección de muestras de manera adecuada
3. Inspeccionar el producto en el proceso
4. Asegurar la correcta ejecución del procedimiento en muestreos y ensayos
5. Recibir la totalidad de informes solicitados
6. Comunicación entre departamentos del sistema
7. Recursos para traslado de muestras
8. Equipo para ejecución de muestreo y ensayos
9. Conocer cuando y donde se deben realizar los muestreos
10. Espacio para almacenamiento de muestras y ejecución de ensayos

Clasificados los requerimientos se procedió a diseñar y aplicar un cuestionario a los clientes internos del sistema para lograr realizar la priorización de los estos requerimientos según lo indica el Modelo de Kano (ver plantilla de cuestionario aplicado en el Apéndice 3).

Una vez obtenidas las respuestas se procedió a tabularlas y codificar los requerimientos según las categorías propuestas por el Modelo Kano, en; atractivo (**A**), una dimensión (**O**), debe estar (**M**), indiferente (**I**), reverso (**R**) y cuestionable(**Q**), esta categorización se realiza dependiendo de las respuestas obtenidas en el cuestionario con base en la matriz de evaluación y categorías propuesta por el Modelo de Kano (Ver matriz de evaluación en Anexo).

Una vez definidas las categorías para cada respuesta se procedió a contabilizar el número de categorías obtenidas para cada requerimiento. En el Cuadro No. 22 se muestra el resumen de los resultados obtenidos en el cuestionario según la categorización y contabilización de las respuestas.

Cuadro No. 22. Resumen de resultados cuestionario Kano

No	Requerimientos	A	O	M	I	R	Q	TOTAL
1	Conocer la producción semanal de todos los sitios	0	6	2	0	0	0	8
2	Recolección de muestras de manera adecuada	4	1	2	0	0	1	8
3	Inspeccionar el producto en el proceso	2	4	1	0	0	1	8
4	Asegurar la correcta ejecución del procedimiento en muestreos y ensayos	2	0	1	3	0	2	8
5	Recibir la totalidad de informes solicitados	0	2	3	2	0	1	8
6	Comunicación entre departamentos del sistema	2	3	1	2	0	0	8
7	Recursos para traslado de muestras	2	3	2	1	0	0	8
8	Equipo para ejecución de muestreo y ensayos	1	3	3	1	0	0	8
9	Conocer cuando y donde se deben realizar los muestreos	2	2	3	1	0	0	8
10	Espacio para almacenamiento de muestras y ejecución de ensayos	3	2	2	1	0	0	8

**Fuente:** Elaboración Propia

Basado en los resultados del Cuadro No. 22, se procede a identificar la categoría en la que los requerimientos obtuvieron mayor número de respuestas, para posteriormente calcular los coeficientes de satisfacción e insatisfacción necesarios para la elección de los requerimientos prioritarios para el diseño.

En el caso del requerimiento número 8 se cuenta con dos valores mayores iguales a 3, Garro Chavarría (2016), propone para estos casos seguir la regla de importancia  $M > O > A > I$  en donde se expone que la categoría de obligatorios se interpone ante las demás, razón por la cual en este caso se elige para este requerimiento la categoría M (requerimiento obligatorio). Los demás resultados se muestran a continuación en el Cuadro No. 23:

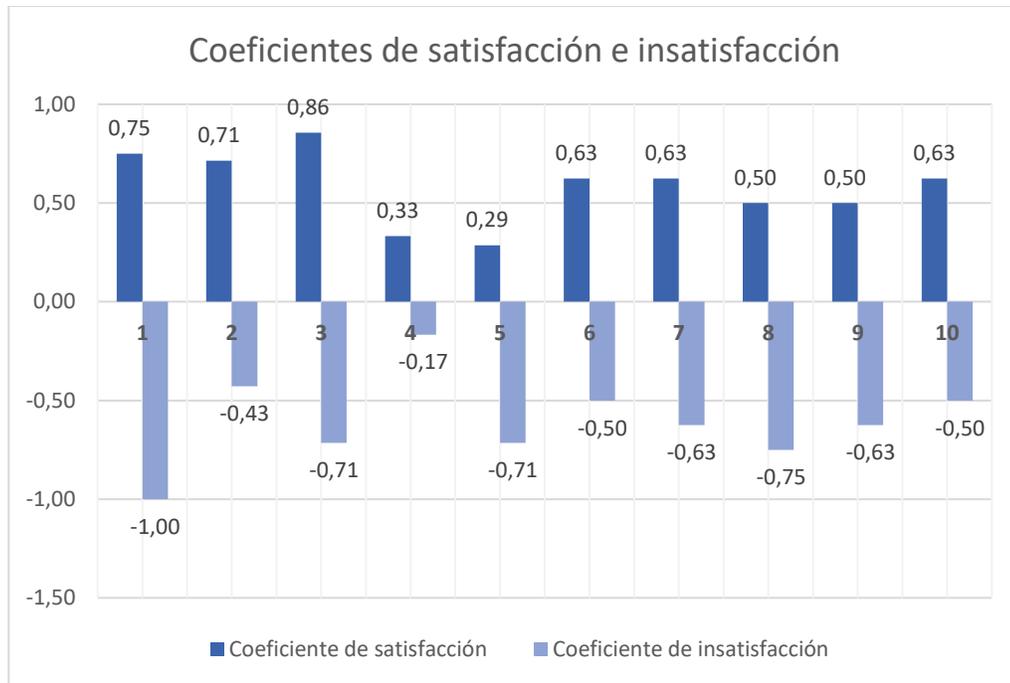
Cuadro No. 23. (Continuación) Resumen de resultados de cuestionario Kano

No	Requerimientos	Categoría	Coefficiente satisfacción	Coefficiente insatisfacción
1	Conocer la producción semanal de todos los sitios	O	0,75	-1,00
2	Recolección de muestras de manera adecuada	A	0,71	-0,43
3	Inspeccionar el producto en el proceso	O	0,86	-0,71
4	Asegurar la correcta ejecución del procedimiento en muestreos y ensayos	I	0,33	-0,17
5	Recibir la totalidad de informes solicitados	M	0,29	-0,71
6	Comunicación entre departamentos del sistema	O	0,63	-0,50
7	Recursos para traslado de muestras	O	0,63	-0,63
8	Equipo para ejecución de muestreo y ensayos	M	0,50	-0,75
9	Conocer cuando y donde se deben realizar los muestreos	M	0,50	-0,63
10	Espacio almacenamiento de muestras y para ejecución de ensayos	A	0,63	-0,50

**Fuente:** Elaboración Propia

Según los resultados mostrados en el Cuadro No. 23 no se cuenta con requerimientos reversos ni cuestionables, más se cuenta con 3 requerimientos obligatorios (**M**), 4 requerimientos unidimensionales (**O**), 2 atractivos (**A**) y 1 indiferente (**I**). Según Garro Chavarría, (2016) entre más positivo sea el coeficiente de satisfacción de un requerimiento la satisfacción del cliente aumentará si este requerimiento es incluido a la propuesta de diseño, por el contrario, entre más negativo sea un coeficiente de insatisfacción la satisfacción en el cliente disminuirá si este requerimiento no está presente.

La Figura 16 muestra de manera gráfica el resumen de resultados de los coeficientes de satisfacción e insatisfacción obtenidos en este Modelo.



**Fuente:** Elaboración Propia

*Figura 16. Gráfico coeficientes de satisfacción e insatisfacción*

La Figura 16 muestra los coeficientes de satisfacción e insatisfacción obtenidos para cada uno de los 10 requerimientos analizados. En el caso del requerimiento número 4 referente a asegurar la correcta ejecución de procedimientos para muestreos y ensayos se obtuvo el menor nivel de insatisfacción (-0,17) ya que la mayoría de los encuestados presentaron indiferencia ante si la ejecución de muestreos y ensayos se apegaba estrictamente a la normativa o si estos eran ejecutados con base en la experiencia y conocimiento de los técnicos, clasificándose este como un requerimiento indiferente.

Los requerimientos referentes a la recolección de muestras de manera adecuada y a contar con espacio para almacenamiento de muestras y ejecución de ensayos en el laboratorio (requerimientos 2 y 10) se encuentran en la categoría de requerimientos atractivos, los mismos cuentan con coeficientes de insatisfacción cercanos a cero lo cual indica que su ausencia en el sistema no causa un grado de insatisfacción significativa en el cliente interno más su presencia causa un grado importante de satisfacción en él.

Entre los requerimientos clasificados como unidimensionales se encuentran los requerimientos 1, 3, 6 y 7 referentes a conocer la producción semanal de los sitios, la necesidad de inspección de productos en proceso, la existencia de comunicación entre los departamentos del sistema y contar con recursos para el traslado de muestras, estos requerimientos presentan un coeficiente de satisfacción e insatisfacción proporcional ya que la satisfacción del cliente aumenta con su presencia y disminuyen con su ausencia.

Finalmente, los requerimientos 5, 8 y 9 se consideran como requerimientos obligatorios estos corresponden a recibimiento de la totalidad de informes solicitados, contar con equipo para la ejecución de muestreo y ensayos y conocer cuando y donde se deben realizar los muestreos, estos son considerados como obligatorios ya que causan mayor nivel de insatisfacción con su ausencia que nivel de satisfacción con su presencia.

En resumen y tomando en cuenta la regla M>O>A>I expuesta por Garro Chavarría (2016), se clasifican los requerimientos en orden de importancia de la siguiente manera: gestión

*Cuadro No. 24. Resultado de priorización de los requerimientos según el Modelo Kano*

No.	Requerimientos	Categoría
5	Recibir totalidad de informes solicitados	M
8	Equipo para ejecución de muestreo y ensayos	M
9	Conocer cuando y donde se deben realizar los muestreos	M
1	Conocer la producción semanal de todos los sitios	O
3	Inspeccionar el producto en el proceso	O
6	Comunicación entre departamentos del sistema	O
7	Recursos para traslado de muestras	O
2	Recolección de muestras de manera adecuada	A
10	Espacio para almacenamiento de muestras y ejecución de ensayos	A
4	Asegurar la correcta ejecución del procedimiento en muestreos y ensayos	I

**Fuente:** Elaboración Propia

## **E. Establecimiento de requerimientos de diseño**

Para establecer los requerimientos de diseño es necesario primeramente traducir las necesidades expresadas por el cliente en características específicas de diseño para la propuesta del proceso, para esto se desarrolla la herramienta Despliegue de función de la Calidad, conocida por sus siglas en inglés como QFD. Cabe destacar que para efectos de este Proyecto se realiza una modificación en esta herramienta al omitirse el desarrollo del análisis de competencia, esto debido a que en el alcance del proyecto se definió que el resultado de este análisis no aporta información relevante para el diseño del proceso.

El primer paso en el desarrollo de esta herramienta corresponde a la calificación de los requerimientos según la importancia otorgada por el cliente, en este Proyecto esta calificación se basó en el resultado de la priorización obtenida en el Modelo de Kano. Tomando como referencia una calificación de 1 a 5 y basado en la categorización establecida por el Modelo de Kano, se determinó la calificación mayor para los requerimientos obligatorios y así para los demás requerimientos en orden descendente, quedando de la siguiente manera:

<b><u>Calificación</u></b>	<b><u>Requerimientos</u></b>
5	obligatorios
4	unidimensionales
3	atractivos
2	indiferentes
1	reversos y cuestionables

Con la calificación de los requerimientos según su nivel de importancia para el cliente se comienza a construir la primera matriz, posteriormente se procede a definir las características de diseño que podrían satisfacer estos requerimientos y una vez definidas se establece la relación existente entre cada uno de los requerimientos del cliente y las características de diseño propuestas.

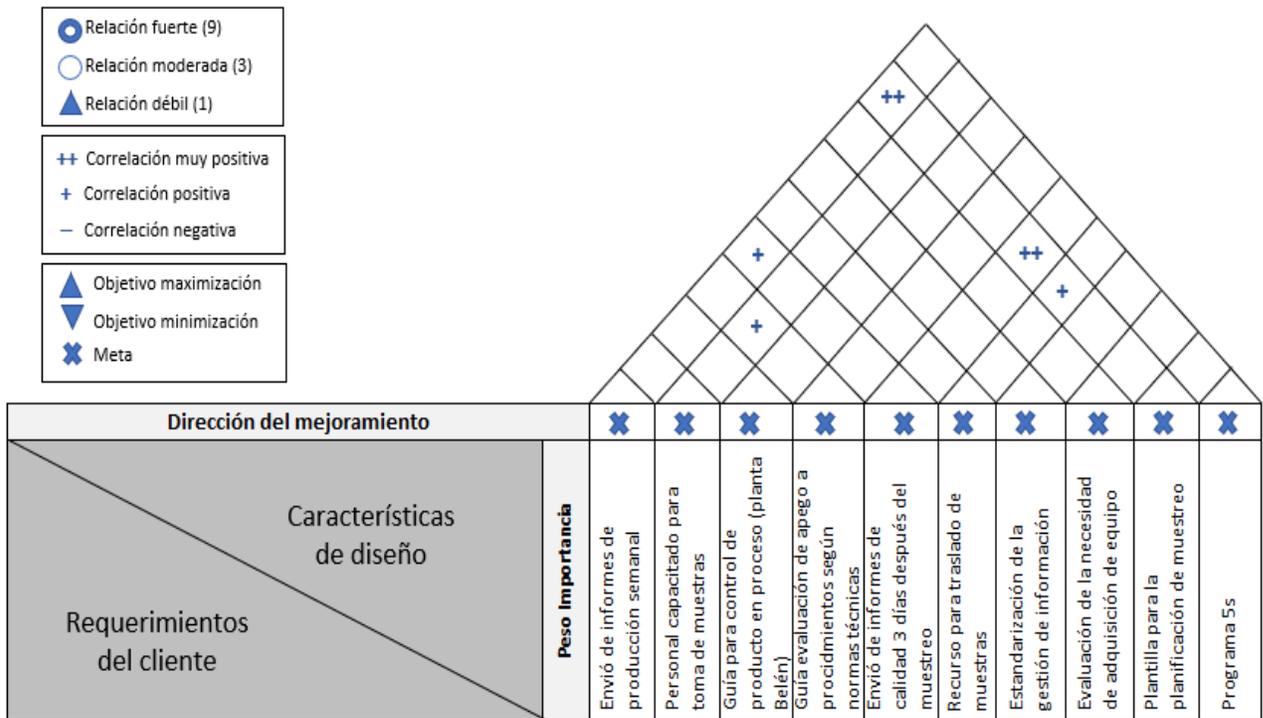
En la Figura 17 se muestra el tipo de relación existente entre cada requerimiento y cada característica de diseño, las relaciones se clasifican según su fuerza, estableciéndose tres niveles con distinta calificación, primeramente, una calificación de 9 para relaciones fuertes representadas con el signo ●, una calificación de 3 para relaciones moderadas representadas por el signo ○ y una calificación de 1 para relaciones débiles representadas con el signo ▲.

Requerimientos del cliente	Características de diseño										
	Peso importancia	Envío de informes de producción semanal	Personal capacitado para toma de muestras	Guía para control de producto en proceso (planta Belén)	Guía evaluación de apego a procedimientos según normas técnicas	Envío de informes de calidad 3 días después del muestreo	Recurso para traslado de muestras	Estandarización de la gestión de información	Evaluación de la necesidad de adquisición de equipo	Plantilla para planificación de muestreo	Programa 5s
Conocer la producción semanal de todos los sitios	4	●								●	
Recolección de muestras de manera adecuada	3		●		○		▲	▲	○	▲	
Inspeccionar el producto en el proceso	4	○		●							
Asegurar la correcta ejecución del procedimiento en muestreos y ensayos	2		○		●				▲		
Recibir totalidad de informes solicitados	5	●	○			●	●		▲	○	
Comunicación entre departamentos del sistema	4	○				○		●			
Recursos para traslado de muestras	4						●				
Valorar necesidad de equipo para ejecución de muestreo y ensayos	5								●		○
Conocer cuando y donde se deben realizar los muestreos	5	●				▲				●	
Espacio para almacenamiento de muestras y ejecución de ensayos	3										●
<b>Suma</b>		150	48	36	27	62	84	44	61	99	42
<b>Orden de Importancia</b>		1	6	9	10	4	3	7	5	2	8

Fuente: Elaboración Propia

Figura 17. Matriz 1 Casa de la calidad

Por otra parte, la Figura 18 muestra la tercera matriz correspondiente a la correlación de las características de diseño entre sí.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 18. Matriz 3 Casa de la calidad

En esta matriz se evidencia la existencia de correlaciones entre algunas de las características de diseño propuestas, primeramente, se observa una correlación positiva entre el envío de informes de producción semanal y el envío de informes de calidad 3 días después del muestreo y una correlación muy positiva entre el envío de informes de producción semanal y la plantilla para la planificación del muestreo, esto se debe a que el insumo de esta característica de diseño es precisamente el informe de producción semanal que se planea recibir cada viernes.

Por otra parte, el personal capacitado para la toma de muestras se encuentra correlacionado positivamente con la evaluación de apego a procedimientos establecidos en normas técnicas ya que para la correcta toma de muestras se requiere que el personal dé seguimiento a los procedimientos establecidos en las normas utilizadas por la empresa. También se presenta una correlación muy positiva entre el envío de informes de calidad 3 días después de la muestra y la plantilla para

la planificación del muestreo ya que la planificación indicará la fecha en la cual estos informes deben de ser enviados.

Por otra parte, se presenta una correlación positiva entre el vehículo para el traslado de muestras y la coordinación de vehículos existentes para el transporte de muestras, ya que ambos permitirían que la toma de muestras se lleve a cabo de manera exitosa, también, estas características presentan una relación positiva con la plantilla para la planificación del muestreo ya que el traslado de muestras se basará en esta planificación.

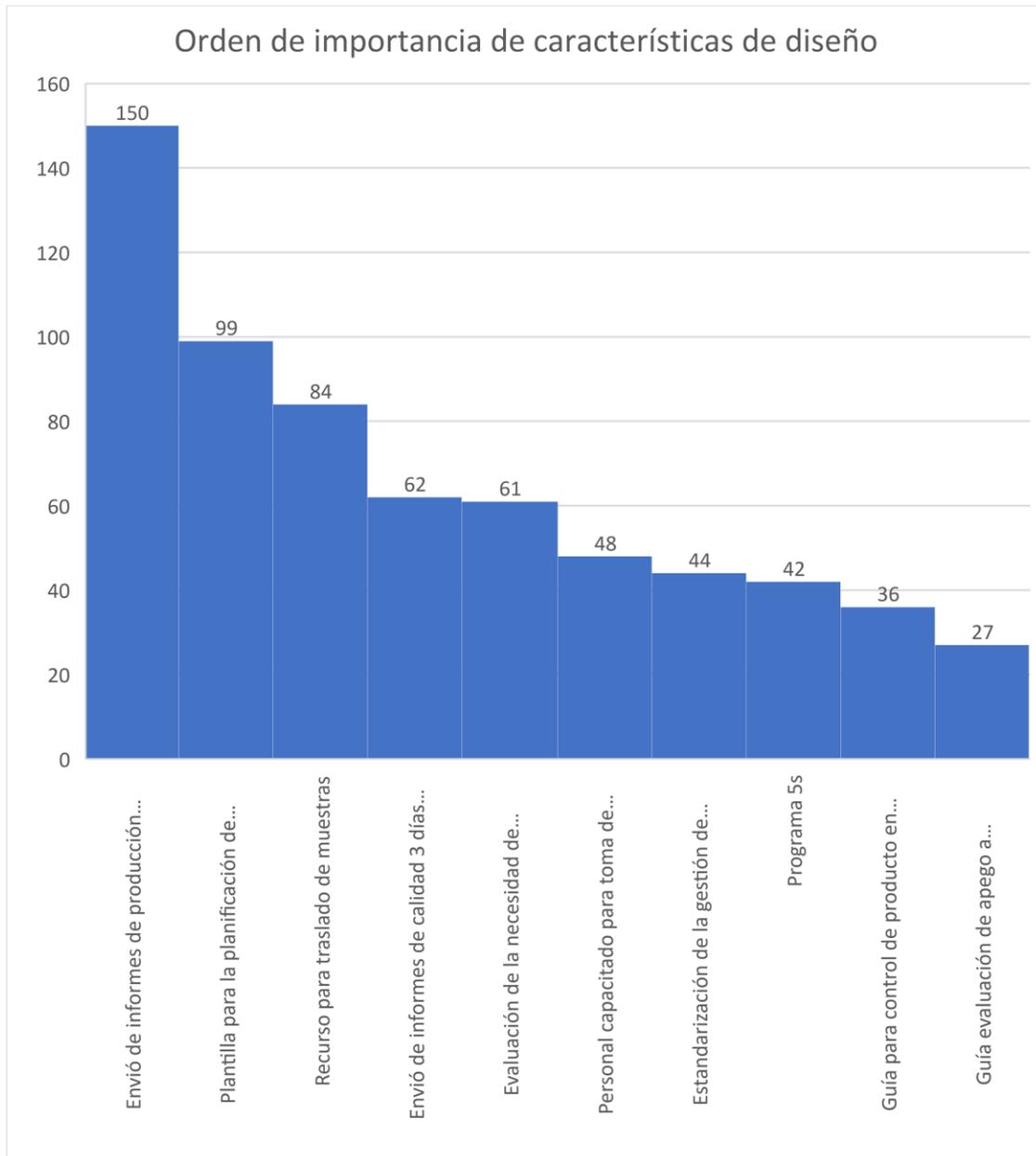
Finalmente, además de la correlación existente entre las características de diseño, la matriz muestra si la característica tiene un objetivo de maximización, de minimización o si requiere el cumplimiento de una meta propuesta en específico. Como muestra la Figura 19, no existen objetivos de minimización ya que la totalidad de las características de diseño propuestas buscan cumplir con una meta específica.

Dirección del mejoramiento		✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕
Requerimientos del cliente	Características de diseño	Peso Importancia									
		Envío de informes de producción semanal	Personal capacitado para toma de muestras	Guía para control de producto en proceso (planta Belén)	Guía evaluación de apego a procedimientos según normas técnicas	Envío de informes de calidad 3 días después del muestreo	Recurso para traslado de muestras	Estandarización de la gestión de información	Evaluación de la necesidad de adquisición de equipo	Plantilla para la planificación de muestreo	Programa 5s
Objetivo o valor meta		Enviar informe de producción de todas las plantas cada viernes	1. Técnico que abarque la toma de muestras de todos los sitios	Establecer guía para control de producto en proceso	Establecer guía para evaluación de apego a normas técnicas	Recibir informes de calidad 3 días después de realizado el muestreo	Estandarizar medios para gestionar la información	Asegurar recurso fijo para traslado de muestras internas y externas	Realizar evaluación sobre el equipo del laboratorio	Funcionamiento de la plantilla (cero errores)	Plan de implementación programa 5s

**Fuente:** Elaboración Propia

*Figura 19. Matriz 4 Casa de la calidad*

La cuarta matriz del QFD muestra la evaluación cruzada que permite identificar cuáles son las características de diseño más importantes, sumando la multiplicación entre el nivel de importancia de cada requerimiento con cada una de sus relaciones se obtiene el peso ponderado para cada característica, con esta suma se obtiene el orden de importancia en el cuál se deberá basar la propuesta de diseño, este orden se aprecia de mejor manera a continuación en la Figura 20.



**Fuente:** Elaboración Propia

*Figura 20. Orden de importancia, características de diseño propuestas*

A modo de resumen, en la Figura 20 se logran apreciar los objetivos meta propuestos para cada una de las características de diseño con los cuales se logra definir hasta donde se quiere trabajar con cada característica. El Cuadro No. 25 muestra el objetivo de cada característica según el orden de importancia ya establecido, además de una clasificación de las características de diseño en características esenciales, necesarias o recomendadas.

*Cuadro No. 25. Clasificación de características de diseño*

Característica de diseño	Objetivo o valor meta	Importancia
Envío de informes de producción semanal	Enviar informe de producción de todas las plantas cada viernes	Esencial
Plantilla para planificación de muestreo	Funcionamiento de la plantilla (cero errores)	Esencial
Recurso para el traslado de muestras	Asegurar un recurso fijo para traslado de muestras internas y externas	Esencial
Envío de informes de calidad 3 días después del muestreo	Recibir informes de calidad 3 días después de realizado el muestreo	Necesario
Evaluación de la necesidad de adquisición de equipo	Realizar evaluación sobre el equipo del laboratorio	Necesario
Personal capacitado para toma de muestras	1 Técnico que abarque la toma de muestras de todos los sitios	Necesario
Estandarización de la gestión de información	Asegurar recurso fijo para traslado de muestras internas y externas	Necesario
Programa 5s	Plan de implementación programa 5s	Necesario
Guía para control de producto en proceso (planta Belén)	Establecer guía para control de producto en proceso	Recomendado
Guía evaluación de apego a procedimientos según normas técnicas	Establecer guía para evaluación de apego a normas técnicas	Recomendado

**Fuente:** Elaboración Propia

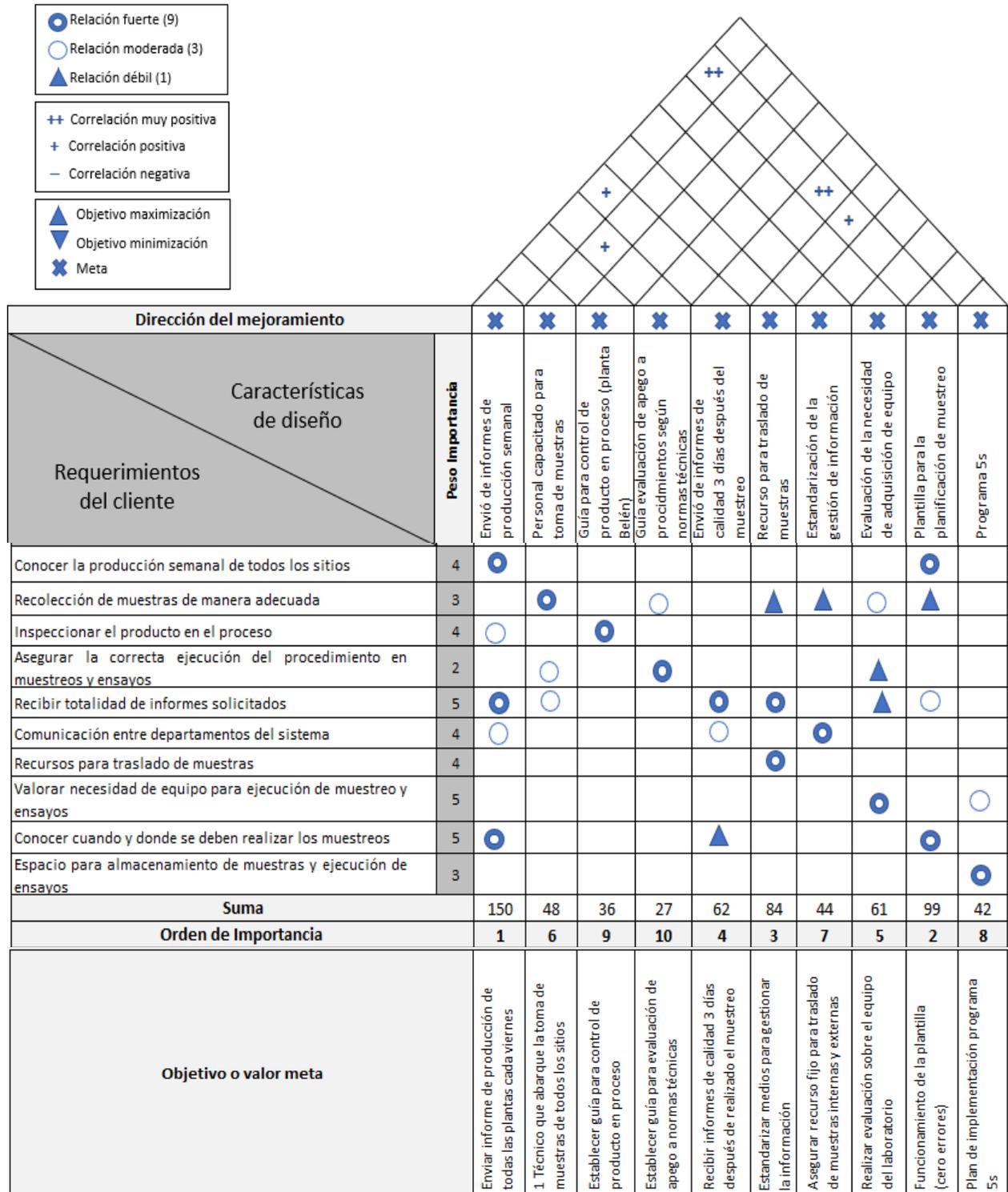
La clasificación de las características de diseño se estableció según el peso obtenido en el Despliegue de Función de la Calidad. Se establecen como características esenciales de diseño aquellas que cuentan con pesos mayores a 70, como características necesarias aquellas que cuentan con un peso entre 59 y 41 y como características recomendables las que cuentan con un peso de importancia igual o inferior a 40.

Considerando esta clasificación, se toma la decisión de incluir en el diseño de la propuesta de proceso **solamente** aquellas características consideradas (según su nivel de importancia) como **esenciales** y **necesarias**, excluyendo de este modo las características de diseño clasificadas en la categoría de recomendación.

Esta decisión se toma a partir de distintos criterios, en el caso de la característica de diseño “Guía para inspección de producto en proceso (planta Belén)”, a pesar de tener el potencial para producir un alto impacto la misma implica un esfuerzo alto y un elevado consumo de recurso de tiempo, esto debido a que para plantear la inspección de productos en proceso es necesario conocer y estudiar a fondo el proceso, sus tiempos efectivos, paros, niveles de producción y demás variantes que lo caracterizan, además en situaciones en donde se presenta una relación de alto impacto-alto esfuerzo se requiere dar una solución con un enfoque a mediano o largo plazo por lo que su desarrollo en este Proyecto se presenta como una limitación al alcance.

Por su parte, la característica de diseño “Guía para evaluación de apego a procedimientos según normas técnicas” además de presentar un nivel de importancia bajo, proviene de un requerimiento o necesidad indiferente (ver Cuadro No. 24 Resultado de priorización de los requerimientos según el Modelo Kano), lo cual indica que al incluirse esta característica en el diseño no se aportará un valor significativo al proyecto debido a que la característica solventa un requerimiento indiferente que no provoca satisfacción en el cliente interno, razón por la cual se decide excluirla del diseño de la propuesta de proceso. Cabe destacar que estas dos características serán excluidas del diseño pero serán abarcadas dentro del último capítulo de este proyecto a modo de recomendación para que sean consideradas a futuro por la empresa.

Finalmente, en la Figura 21. Diagrama de Despliegue de Función de la calidad se muestra la totalidad del diagrama del Despliegue de Función de la Calidad desarrollado en este Proyecto.

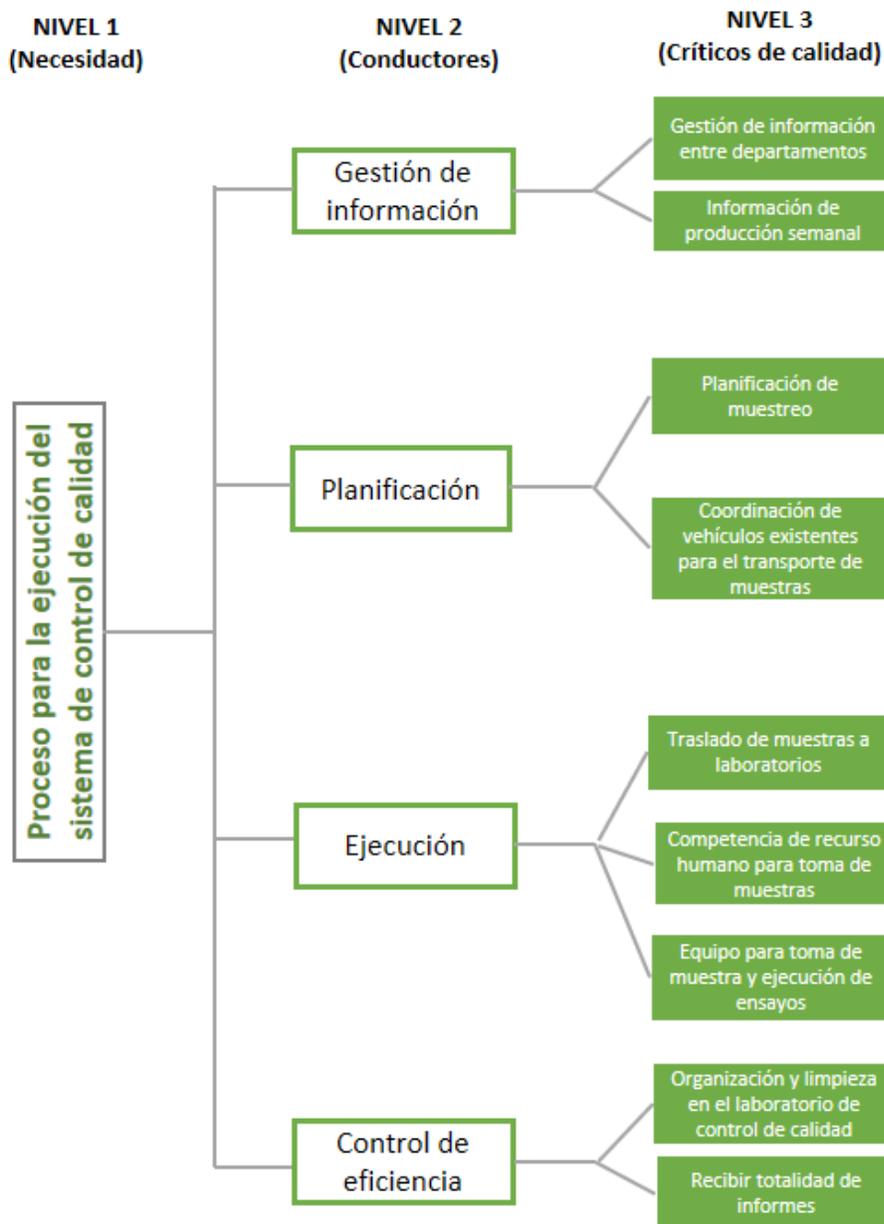


**Fuente:** Elaboración Propia

*Figura 21. Diagrama de Despliegue de Función de la calidad*

## F. Críticos de calidad

En la Figura 22 se muestra el árbol de críticos de calidad en donde se presenta la necesidad principal de este Proyecto, los requerimientos críticos de calidad definidos y priorizados anteriormente y los conductores que dirigen la necesidad hacia estos requerimientos críticos de diseño.



**Fuente:** Elaboración Propia

Figura 22. Árbol de críticos de calidad

## **G. Medición del trabajo en el laboratorio de control de calidad**

Para la realización de esta medición se procedió primeramente a determinar el tiempo estándar de ejecución de los ensayos de calidad desarrollados en el laboratorio interno de la empresa, además se calculó el porcentaje de productividad con el que trabajan los colaboradores actualmente, el tiempo efectivo semanal con el que estos cuentan para desarrollar sus labores y la capacidad actual del laboratorio para generar informes de calidad semanalmente. Para conocer en detalle la forma en la que trabaja este departamento primero se explicará brevemente cómo se maneja el sistema de control de calidad interno para el muestreo y ensayo de calidad de los productos en cada una de las cuatro familias en estudio:

### **1. Control de calidad en Agregados**

El sistema de control de calidad para la familia de agregados maneja dos pruebas; granulometría y peso unitario, ambas pruebas se realizan en los agregados 1 vez por semana para la planta de Belén y 1 vez cada dos meses para los demás centros de producción, los tamaños de muestra, las fechas de muestreo y su frecuencia se trabajar según la norma técnica INTE 06-02-32-09, más el laboratorio no cuenta con información sobre la planificación de la producción por lo que es difícil cumplir con lo exigido por la normativa.

Según comenta el Coordinador de Calidad, los ensayos de los agregados no producidos en Belén se realizan conforme llegan las muestras al laboratorio e incluso muchas veces las mismas no vienen etiquetadas, por lo que deben de investigar de donde provienen y la fecha en la que el producto fue fabricado, además, comenta que debido a la falta de recurso humano la toma de muestras en otros sitios es realizada por personas no capacitadas para esta labor como operarios de planta o choferes de montacarga, lo cual aumenta la variabilidad de los resultados del ensayo. En el caso de las pruebas en laboratorio externo estas se realizan 1 vez cada seis meses a un agregado fabricado en cada planta.

## **2. Control de calidad en bloques**

En este caso los ensayos realizados corresponden a pruebas de absorción y áreas netas y pruebas de resistencia a la compresión las cuales incluyen las mediciones de peso y dimensiones del block para verificar el cumplimiento de especificaciones. Para estas pruebas se manejan tamaños de muestra, fechas de muestreo y frecuencia con base en la norma técnica INTE 06-02-13:2015 y la INTE 06-03-01-07. Actualmente se encuentra establecido que el control interno se realiza una vez a la semana con el producto terminado disponible, por su parte las pruebas de laboratorio externo se realizan 1 vez al mes en los productos fabricados en cada planta, además el Coordinador de Calidad comenta que el departamento realiza un ensayo de resistencia semanalmente a todos los bloques que se encuentran en patio en el centro de producción de Belén para su control general.

## **3. Control de calidad en adoquines y complementos**

En el caso de los adoquines y complementos se realizan pruebas de absorción y áreas netas, pruebas de resistencia a la compresión y pruebas de resistencia a la flexión, esta última se realiza en todos estos productos a excepción de los complementos bocel, bordillo y muro block, ya que los mismos no trabajan como piso si no como soporte por lo que no requieren de esta última prueba. Para estas pruebas se manejan tamaños de muestra, fechas de muestreo y frecuencia con base en la norma técnica INTE 06-02-13:2015. Al igual que en los bloques, las pruebas en laboratorio externo se realizan 1 vez al mes en Belén y cada 2 meses al producto de otras plantas.

Tomando esta información en consideración y tras una serie de observaciones realizadas en el laboratorio se procede a calcular el tiempo invertido en cada ensayo por medio del estudio de tiempos detallado a continuación.

- Estudio de tiempos

Para desarrollar el estudio de tiempos en el laboratorio de control de calidad de la empresa fue necesario clasificar los ensayos según el tipo de producto, el procedimiento del ensayo y su duración promedio. Con ayuda de los Técnicos de laboratorio y el Coordinador de calidad se obtuvo la clasificación de los 9 tipos de ensayos enlistados a continuación:

1. Ensayo de compresión para adoquines y complementos
2. Ensayo de compresión para bloques
3. Ensayo de flexión para adoquines y complementos
4. Ensayo de absorción para bloques
5. Ensayo de absorción para adoquines
6. Ensayo de granulometría para agregado fino
7. Ensayo de granulometría para agregado mixto
8. Ensayo de granulometría para agregado grueso
9. Ensayo de peso unitario para agregados

Una vez definidos los tipos de ensayos se procedió a dividir los mismos en elementos medibles y a calcular el número de ciclos de observación necesario para cada estudio. Los ensayos se dividieron en elementos desde el ingreso de las muestras al patio<sup>5</sup> del laboratorio (zona de almacenamiento) hasta el último procedimiento de cada ensayo según la norma.

Además, considerando el tiempo promedio de los 9 tipos de ensayo estimados por el Coordinador de Calidad se procedió a elegir el tiempo de duración menor (aproximadamente 15 minutos para el ensayo 3) para establecer el número de ciclos según la guía establecida por General Electric presentada en el Cuadro No. 12, el cual corresponde a 8 ciclos. Se decide estandarizar este número de ciclos para todos

---

<sup>5</sup> Se hace referencia al patio como la zona exterior de almacenamiento de muestras para su posterior ensayo

los estudios con el fin de obtener un número de datos representativo para todos los ensayos ya que algunos de ellos tardan más de 24 horas.

Una vez establecidos los ciclos y los elementos para construir la plantilla (ver plantilla diseñada en Apéndice 4) se procedió a establecer las holguras a considerar en el estudio, en donde se incluyeron la holgura personal (5%), holgura por fatiga básica (4%), holgura por estar de pie (2%), holgura por uso de fuerza (dependiendo del tipo de ensayo) y holgura por monotonía (1%).

Finalmente, se calcularon las calificaciones respectivas para cada uno de los dos técnicos tomando en consideración los cuatro factores señalados en el sistema de calificación de Westinghouse (Ver tablas de calificación del sistema Westinghouse en Anexo 1). Los resultados de la calificación para cada técnico se muestran a continuación en la Figura 23:

<b>Técnico 1. Guillermo López Arce</b>	<b>Técnico 2. Nelson López García</b>
Habilidades: +0,10	Habilidades: +0,10
Esfuerzo: +0,04	Esfuerzo: +0,05
Condiciones: -0,03	Condiciones: -0,03
Consistencia: +0,01	Consistencia: +0,01
<hr/>	<hr/>
<b>= 12</b>	<b>= 13</b>
<b>+ Factor desempeño= 1,12</b>	<b>+ Factor desempeño= 1,13</b>

*Figura 23. Calificación para técnicos de laboratorio*

**Fuente:** Elaboración Propia

Por tanto, para efectos de la calificación se obtiene que el Técnico 1 (encargado de los ensayos en agregados) cuenta con una calificación de 1,12 y el Técnico 2 (encargado de los ensayos en bloques, adoquines y complementos) cuenta con una calificación de 1,13, lo cual indica que ambos se encuentran en total capacidad para el desarrollo de los ensayos desarrollados en el laboratorio.

Una vez calculada la calificación de cada técnico se procedió a realizar la toma de tiempos para los nueve ensayos la cuál se extendió por un periodo de 22 días (Ver resultado completo del estudio de tiempos en Apéndice 12).

Con los tiempos tomados y anotados en cada una de las plantillas se procedió a calcular y transcribir el tiempo estándar total para cada ensayo en minutos, cuyos resultados se muestran a continuación en el Cuadro No. 26:

*Cuadro No. 26. Resultado del estudio de tiempos*

Tipo de ensayo	Tiempo estándar (min)
Ensayo de compresión para adoquines y complementos	13,67
Ensayo de compresión para bloques	17,34
Ensayo de flexión para adoquines y complementos	15,22
Ensayo de absorción para bloques	3091,67
Ensayo de absorción para adoquines	3046,55
Ensayo de granulometría para agregado fino	2959,61
Ensayo de granulometría para agregado mixto	3002,21
Ensayo de granulometría para agregado grueso	2972,34
Ensayo de peso unitario para agregados	58,81

**Fuente:** Elaboración Propia

Es importante aclarar que, si bien se estandarizaron 9 tipos de ensayos distintos, estos 9 tipos de ensayo no se genera un informe de calidad individual, ya que el informe de calidad se realiza por producto.

Con el fin de tener un panorama más claro sobre esta clasificación, en el Cuadro No. 27 se presentan los tipos de ensayos ejecutados en el laboratorio y su relación con los informes de calidad generados:

Cuadro No. 27. Tipos de informes de calidad según tipo de ensayos realizados

Informe de calidad	Resultados incluidos en el informe
Informe de calidad para Agregados Gruesos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resultado de ensayo de peso unitario</li> <li>• Resultado de ensayo de granulometría para agregado grueso</li> </ul>
Informe de calidad para Agregados Finos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resultado de ensayo de peso unitario</li> <li>• Resultado de ensayo de granulometría para agregado fino</li> </ul>
Informe de calidad para Agregados Mixtos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resultado de ensayo de peso unitario</li> <li>• Resultado de ensayo de granulometría para agregado mixto</li> </ul>
Informe de calidad para bloques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resultado de ensayo de compresión.</li> <li>• Resultado de ensayo de absorción</li> </ul>
Informe de calidad para adoquines y complementos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resultado de ensayo de compresión.</li> <li>• Resultado de ensayo de flexión</li> <li>• Resultado de ensayo de absorción</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración Propia

Cabe destacar que durante la toma de tiempos se detectó un porcentaje considerable de tiempo improductivo por parte de los técnicos de laboratorio, el cual se considera debe ser tomado en cuenta dentro del análisis de capacidad instalada a desarrollar por lo que una vez calculado el tiempo estándar para cada ensayo se procedió a calcular el porcentaje de improductividad del laboratorio mediante el siguiente estudio de muestreo de trabajo.

- Estudio de muestreo del trabajo

Este estudio se realizó con el fin de determinar el porcentaje de actividades productivas e improductivas desarrolladas por los técnicos del laboratorio con el fin de determinar la utilización del personal de trabajo. En la plantilla diseñada para el estudio se establecieron 6 opciones de ocurrencia posibles durante cada observación realizada (ver plantilla en Apéndice 5).

Para comenzar, se procedió a calcular el tamaño de muestra para el estudio, en donde, según una prueba preliminar de 30 observaciones aleatorias se estimó un porcentaje de improductividad de un 30%, en este caso, a petición de la gerencia técnica se realiza el muestreo con un 3% de exactitud y un 95% de confianza en los resultados, obteniéndose el siguiente tamaño de muestra:

$$n = \frac{(1,645)^2 0,30(1 - 0,30)}{(0,03)^2}$$

$$n = 631 \text{ observaciones}$$

Para realizar este muestreo de trabajo se contó con un total de 15 días por lo que se planificó un muestreo simple de 21 observaciones diarias en la jornada laboral de 10 horas de trabajo (de lunes a viernes). Considerando que cada observación lanzará dos resultados (1 resultado por cada uno de los 2 empleados), realizándose 1 observación cada 30 min a partir del inicio de la jornada hasta el final de la misma, para completar las 631 observaciones. Los resultados obtenidos en el estudio de muestreo de trabajo se presentan a continuación en el Cuadro No. 28:

*Cuadro No. 28. Resumen resultados de estudio de muestreo de trabajo*

Ocurrencia	Número de observaciones
Realización de ensayos	243
Otro trabajo de laboratorio	160
Limpieza	18
Inactivo	90
Espera de trabajo	3
Comida y tiempo personal	118
<b>TOTAL</b>	<b>632</b>

**Fuente:** Elaboración Propia

El resultado del estudio de muestreo del trabajo muestra que se presentaron 6 tipos de ocurrencias posibles unas en mayor cantidad que otras. La mayoría de ocurrencias corresponden a la ejecución de ensayos de calidad, otras corresponden

a otros trabajos de laboratorio como la atención de clientes internos y pruebas para experimentación de nuevos productos y menos del 3% de las ocurrencias observadas correspondieron a la limpieza del espacio de trabajo.

En el caso de las demás ocurrencias, su mayoría corresponden a tiempos de comida y necesidades personales, además el tiempo inactivo tuvo una presencia importante en el estudio con 90 observaciones y finalmente se obtuvieron solo 3 observaciones en donde los colaboradores se encontraban en espera de llegada de muestras al laboratorio<sup>6</sup> (espera de trabajo).

Excluyendo las horas de descanso y de comida establecidas por la gerencia de recursos humanos de la empresa, los técnicos cuentan con un tiempo productivo de 8,5 horas diarias de lunes a viernes (10 horas diarias menos 1,5 horas para descanso y alimentación), con esto se concluye que **un 15% del tiempo de trabajo se considera tiempo improductivo justificado.**

Según este estudio el tiempo destinado para comida y tiempo personal corresponde a un 18,67% del total, el cual se encuentra 3,67% por encima del tiempo permitido (15%). Basado en esta conclusión se procede a calcular el porcentaje de improductividad del laboratorio considerando los tiempos de inactividad, espera de trabajo y el 3,67% excedido en el tiempo de comida, obteniendo el siguiente resultado:

$$\% \text{ improductividad} = \left[ \left( \frac{\text{Ocurrencias por inactividad y espera de trabajo}}{\text{Total de ocurrencias}} \right) \times 100 \right] + 3,67\%$$

$$\% \text{ improductividad} = \left[ \left( \frac{90+3}{632} \right) \times 100 \right] + 3,67\%$$

**Porcentaje de improductividad = 18,38%**

---

<sup>6</sup> Se logró evidenciar que este comportamiento se presenta porque existe acumulación de muestras, es decir, al no existir planificación, las muestras que llegan aleatoriamente no son ensayadas en el momento en que ingresan (como se desearía que suceda), estas van siendo acumuladas por los técnicos, razón por la que la mayoría del tiempo observado hubo muestras por ensayar.

Con esto se obtiene que 18,38% de las 8,5 horas de tiempo productivo es desaprovechada por los colaboradores, es decir, que según este estudio se puede concluir que en el laboratorio existen alrededor de 1,56 horas de inactividad diariamente.

Considerando que a cada técnico se le pagan 56 horas semanales y que su sueldo mensual es aproximadamente ₡635,144 mensuales<sup>7</sup> (aproximadamente ₡2620 por hora) se procede a cuantificar económicamente el costo de este porcentaje improductividad, tal y como se muestra a continuación:

$$\text{Costo improductividad} = \text{horas improductividad} * (\text{costo hora trabajada} * 2 \text{ técnicos})$$

$$\text{Costo improductividad} = 1,56 \text{ horas} + (\$2620 * 2)$$

$$\text{Costo de improductividad} = \$8175 \text{ diarios}$$

Con esto se concluye que el porcentaje de improductividad actual del laboratorio correspondiente a 18,38% equivale a un costo diario de ₡8175 para la empresa.

- Tiempo efectivo para la ejecución de ensayos

El laboratorio de control de calidad de Grupo Pedregal trabaja de lunes a viernes de 7:00 am a 5:00 pm y los días sábados de 7:00 am a 12:00 pm

Para calcular el tiempo efectivo con el que se cuenta en el laboratorio se debe de considerar el tiempo total que se trabaja diariamente (jornada laboral) menos el tiempo referente a los paros programados realizados. Según lo indicado por el Coordinador de Calidad, en el laboratorio diariamente se cuenta con paros programados distribuidos de la siguiente manera:

---

<sup>7</sup> Ver cálculo de salario de Técnico en el Cuadro No. 411

- Paro de 15 min para desayuno
- Paro de 60 min para almuerzo
- Paro de 15 min para café
- Paro de 30 min para limpieza y organización del espacio
- Paro de 10 min para preparación de máquinas

La totalidad de estos paros aplica para días laborales de 10 horas, en el caso de los sábados no se cuenta con paros programados para almuerzo ni para café. Tomando en cuenta esta información se procede a estimar el tiempo efectivo total por semana:

*Cuadro No. 29. Estimación de tiempo efectivo semanal*

	Lunes a Viernes	Sábados	Total por semana
<b>Tiempo laboral</b>	3000 min	300 min	3300 min
<b>Tiempo paros programados</b>	650 min	55 min	705 min
<b>Tiempo efectivo</b>	2350	245 min	<b>2595 min</b>

**Fuente:** Elaboración Propia

En conclusión, según lo expuesto en el Cuadro No. 29, semanalmente se cuenta con un total de 2595 minutos, es decir 43,25 horas efectivas para la realización de los ensayos de laboratorio analizados en este proyecto.

- Cálculo de capacidad

El análisis para calcular la capacidad actual del laboratorio se centra en conocer la capacidad de realizar “x” cantidad de ensayos en un periodo de tiempo determinado. Para efectos de este Proyecto, la capacidad se determinará como el número de ensayos que pueden realizarse en el laboratorio en una semana completa, esto con el fin de obtener información que será necesaria para otros análisis<sup>8</sup> que se desarrollarán más adelante.

---

<sup>8</sup> Análisis de recursos por involucrar en el diseño de las propuestas

Para calcular el número de ensayos que pueden realizarse semanalmente se debe trabajar con el tiempo estándar de cada ensayo y con el tiempo efectivo semanal obtenido anteriormente. Ya se conoce que semanalmente se cuenta con un tiempo efectivo de 2595 minutos, sin embargo, para calcular el número de ensayos que cada Técnico puede realizar semanalmente se debe de profundizar un poco más.

En el Apéndice 12 se encuentran los resultados obtenidos en el estudio de tiempos desarrollado en este Proyecto, en donde se detalla cada una de las actividades o elementos que conforma cada ensayo, estos elementos pueden clasificarse en “elementos con intervención de operario” y “elementos sin intervención de operario” (correspondientes a los elementos de **secado en horno e inmersión de piezas en agua**, elementos con duraciones de 24 horas<sup>9</sup> y los tiempos de **enfriamiento** de la muestra).

Dado a que los elementos sin intervención del operario son “tiempos de espera” en los que no se requiere del trabajo del técnico, se presenta un nuevo resumen de tiempos de ensayo excluyendo estos elementos como se muestra en el Cuadro No. 30 mostrado a continuación:

*Cuadro No. 30. Resumen tiempo efectivo de ensayos*

Tipo de ensayo	Tiempo efectivo operarios (min)
Ensayo de compresión para adoquines y complementos	13,67
Ensayo de compresión para bloques	17,34
Ensayo de flexión para adoquines y complementos	15,22
Ensayo de absorción para bloques	15,34
Ensayo de absorción para adoquines	13,18
Ensayo de granulometría para agregado fino	43,41
Ensayo de granulometría para agregado mixto	74,59
Ensayo de granulometría para agregado grueso	35,57
Ensayo de peso unitario para agregados	29,20

**Fuente:** Elaboración Propia

<sup>9</sup> Tiempo establecido en normativa técnica

Como puede observarse, en el Cuadro No. 30 los distintos tipos de ensayos se encuentran agrupados, en color blanco se encuentran los ensayos realizados por el Técnico 2 (ensayos para bloques, adoquines y complementos) y en color gris los ensayos realizados por el Técnico 1 (ensayos para agregados), esta separación se realiza con el fin de obtener la capacidad semanal de cada técnico por separado.

Para realizar el análisis se construye el siguiente escenario; En busca de la capacidad máxima se supondrá que diariamente se requiere realizar todos los tipos de ensayos existentes, por lo que se procede a agrupar los ensayos por tandas de ensayos para cada Técnico, como se detalla a continuación en el Cuadro No. 31:

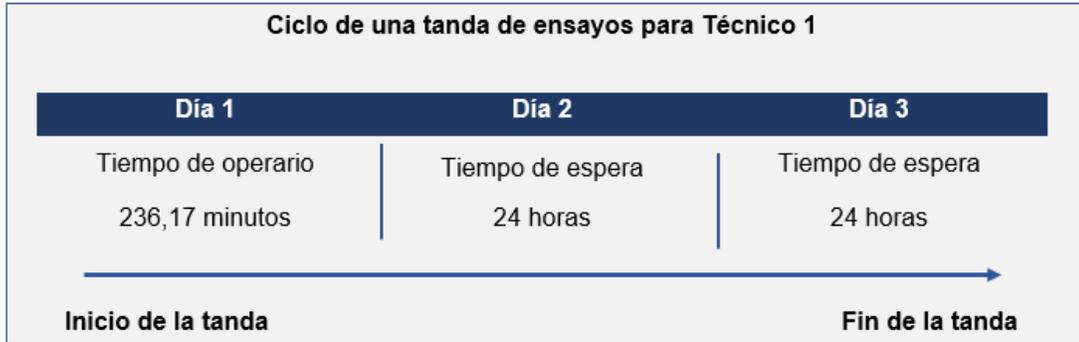
*Cuadro No. 31. Tandas de ensayos por técnico y su duración*

Tipo de ensayo		Tiempo de operario (min)	Tiempo total de tanda (min)
Tanda para Técnico 2	Ensayo de compresión para adoquines y complementos	13,67	<b>74,75</b>
	Ensayo de compresión para bloques	17,34	
	Ensayo de flexión para adoquines y complementos	15,22	
	Ensayo de absorción para bloques	15,34	
	Ensayo de absorción para adoquines	13,18	
Tanda para Técnico 1	Ensayo de granulometría para agregado fino	43,41	<b>236,17</b>
	Ensayo de granulometría para agregado mixto	74,59	
	Ensayo de granulometría para agregado grueso	35,57	
	Ensayo de peso unitario para agregados	29,20 (3) <sup>10</sup>	

**Fuente:** Elaboración Propia

Según lo anterior, para desarrollar una tanda completa de ensayos, el Técnico 1 tardaría un tiempo estándar de 236,17 minutos, por su parte el Técnico 2 tardaría un tiempo estándar de 74,75 minutos. Cabe destacar que en estos tiempos no se están considerando los elementos sin intervención de operario cuyo tiempo es necesario para completar los ensayos, es por esto por lo que se incluirá un tiempo de espera máximo de dos días para el desarrollo de una tanda completa de ensayo tal y como se presenta en la Figura 24. Ilustración ciclo de una tanda de ensayos para el Técnico 1

<sup>10</sup> Se multiplica por tres ya que por cada ensayo de granulometría se requiere un ensayo de peso unitario



**Fuente:** Elaboración Propia

*Figura 24. Ilustración ciclo de una tanda de ensayos para el Técnico 1*

Bajo este esquema, con el fin de ilustrar y comprender con mayor claridad el escenario planteado, se presenta en formato de diagrama de Gantt semanal el cálculo de la capacidad máxima de realización de ensayos para cada Técnico.

**a) Capacidad Técnico 1**

Según el resultado del cálculo del tiempo efectivo, se conoce que diariamente de lunes a viernes se cuenta con 470 minutos y 245 minutos efectivos los días sábados. Dividiendo los 470 minutos efectivos entre los 182,84 minutos necesarios para completar una tanda de ensayos, se obtiene que es posible realizar 2 tandas de ensayos completas por día. La diagramación semanal de la capacidad de ejecución de ensayos por el Técnico 1 se muestra a continuación en la Figura 25:

<b>Capacidad de ensayos a realizar por el Técnico 1</b>					
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Tiempo para 2 tandas completas					
	Tiempo para 2 tandas completas				
		Tiempo para 2 tandas completas			
			Tiempo para 2 tandas completas		

**Fuente:** Elaboración Propia

*Figura 25. Capacidad de ensayos a realizar por Técnico 1*

Según la Figura 25, semanalmente es posible completar un total de 8 tandas de ensayos, considerando que cada tanda equivale a 6 ensayos, finalmente se obtiene que este Técnico cuenta con una capacidad de realizar semanalmente de 48 ensayos completos.

**b) Capacidad Técnico 2**

Al igual que en el caso anterior, según el resultado del cálculo del tiempo efectivo, se conoce que diariamente de lunes a viernes se cuenta con 470 minutos y 245 minutos efectivos los días sábados. Dividiendo los 470 minutos efectivos entre los 74,75 minutos necesarios para completar una tanda de ensayos, se obtiene que es posible realizar 6 tandas de ensayos completas por día. La diagramación semanal de la capacidad de ejecución de ensayos por el Técnico 2 se muestra a continuación en la Figura 26

Capacidad de ensayos a realizar por el Técnico 2					
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Tiempo para 6 tandas completas					
	Tiempo para 6 tandas completas				
		Tiempo para 6 tandas completas			
			Tiempo para 6 tandas completas		

**Fuente:** Elaboración Propia

*Figura 26. Capacidad de ensayos a realizar por Técnico 2*

Según la Figura 26, semanalmente es posible completar un total de 24 tandas de ensayos, considerando que cada tanda equivale a 5 ensayos, finalmente se obtiene que este Técnico cuenta con una capacidad de realizar semanalmente de 120 ensayos completos. De este modo se obtiene un total general de **168 ensayos semanalmente**.

Si bien se logra determinar un aproximado del número de ensayos que pueden realizarse semanalmente, este análisis se desarrolló con el fin de más adelante valorar si es o no necesaria la contratación de personal nuevo al conocerse el número de informes solicitados por la normativa vigente.

Tomando en cuenta lo expuesto anteriormente en el Cuadro No. 27, un informe se compone de distintos tipos de ensayos, por lo que es erróneo pensar en ensayos e informes como equivalentes, es por esta razón que basado en el análisis de capacidad de realización de ensayos se procede a transformar esta capacidad en informes de calidad internos, tal y como se muestra en el Cuadro No. 32.

*Cuadro No. 32. Cálculo total de informes de calidad realizables semanalmente*

Informes	Ensayos	Ensayos por semana	Informes por semana
Informe de calidad Agregados Gruesos	Ensayo de granulometría para agregado grueso	8	<b>8</b>
	Ensayo de peso unitario para agregados	8	
Informe de calidad para Agregados Finos	Ensayo de granulometría para agregado fino	8	<b>8</b>
	Ensayo de peso unitario para agregados	8	
Informe de calidad Agregados Mixtos	Ensayo de granulometría para agregado mixto	8	<b>8</b>
	Ensayo de peso unitario para agregados	8	
Informe de calidad para bloques	Ensayo de compresión para bloques	24	<b>24</b>
	Ensayo de absorción para bloques	24	
Informe de calidad para adoquines y complementos	Ensayo de compresión para adoquines y complementos	24	<b>24</b>
	Ensayo de flexión para adoquines y complementos	24	
	Ensayo de absorción para adoquines	24	
<b>Total:</b>		<b>168</b>	<b>72</b>

**Fuente:** Elaboración Propia

Como puede observarse en la Figura 25 y en la Figura 26 en la diagramación semanal de la capacidad no se definieron tandas con tiempo efectivo para los días viernes y sábados, a estos días solamente les fue asignado tiempo de espera.

Es importante aclarar que el cálculo de la capacidad se desarrolló de esta manera debido a dos razones, la primera de ellas corresponde a los resultados obtenidos en el estudio de muestreo de trabajo (ver Cuadro No. 28) en donde se obtuvo que el 36% de las actividades productivas corresponde a otros trabajos, distintos a los ensayos de calidad, es por este motivo que se optó por no comprometer la totalidad del tiempo efectivo de los trabajadores para tiempo de ejecución de ensayos de manera que el resultado se asemejara lo mejor posible a la realidad. La segunda razón por la cual se realizó de este modo fue para facilitar la explicación e interpretación de la metodología utilizada para realizar el cálculo.

**Nota:** La totalidad de los resultados <sup>11</sup> obtenidos en el apartado “Medición del trabajo en el laboratorio de control de calidad” fueron presentados al Coordinador de Calidad de Pedregal el Ingeniero Andrés Ceciliano Valverde, quien en su papel como jefe a cargo del laboratorio evaluó y validó bajo criterio de experto cada uno de los resultados obtenidos.

## **H. Relación entre normalización y requerimientos de diseño**

Mediante la recopilación de información y consultas realizadas al Gerente Técnico de la empresa, se lograron determinar las normas técnicas específicas en las que debe basarse el diseño propuesta, en el Cuadro No. 33 se presenta la relación existente entre las características de diseño planteadas en el inciso E del capítulo IV de este Proyecto y las normas técnicas identificadas o la abreviatura N/A<sup>12</sup> en caso de que ninguna norma técnica aplique para esa característica de diseño.

---

<sup>11</sup> Resultados obtenidos en el estudio de tiempos, estudio de muestreo de trabajo, cálculo del tiempo efectivo para ejecución de ensayos y cálculo de la capacidad del laboratorio

<sup>12</sup> La abreviatura N/A hace referencia a No Aplica

*Cuadro No. 33. Relación entre características de diseño y normas técnicas*

Característica de diseño	Norma técnica asociada
Envío de informes de producción semanal	N/A
Software para la gestión de información entre departamentos	N/A
Plantilla para planificación de muestreo	INTE 06-02-32-09 INTE 06-02-13-2015
Coordinación de vehículos existentes para transporte de muestras	N/A
Evaluación de la necesidad de adquisición de equipo	INTE 06-02-13-2015 INTE 06-02-14-06 INTE 06-12-08 INTE 06-02-32-09 INTE 06-03-01-07 INTE 06-04-01-06
Personal capacitado para toma de muestras	INTE 06-02-32-09 INTE 06-02-13-2015
Evaluación mensual de indicador de informes recibidos	N/A
Vehículo para trasladar las muestras	N/A
Diseño de guía 5s	N/A

**Fuente:** Elaboración Propia

La relación presentada en el Cuadro No. 33 permite que se logren considerar todas aquellas disposiciones presentadas en la normativa vigente asegurando que en el próximo capítulo de este Proyecto se presente el diseño de un proceso integral que cumpla con las disposiciones técnicas por las cuales se rige esta empresa.

## **I. Conclusiones de la situación actual**

En este apartado se muestran las conclusiones obtenidas a partir del diagnóstico desarrollado en este capítulo con base en la obtención y priorización de la necesidad del cliente y la medición del trabajo ejecutada en el laboratorio interno de la empresa:

- Cuatro de los nueve procedimientos existentes en sistema de control de calidad de la empresa presentan oportunidad de mejora.
- El sistema de control de calidad de la empresa cuenta con 7 clientes internos y 1 cliente externo correspondiente a 3 laboratorios de control de calidad certificados.
- El sistema de control de calidad actual cuenta con 10 necesidades fundamentales según lo expuesto por los clientes internos.
- Según el resultado del Modelo Kano, se cuenta con 3 requerimientos obligatorios, 4 requerimientos unidimensionales, 2 requerimientos atractivos y 1 indiferente.
- Las características con mayor peso sobre el diseño de la propuesta son el envío de informes de producción semanal, la plantilla para la planificación del muestreo y el recurso para el traslado de muestras.
- Se consideran necesarios en el diseño el envío de informes de calidad 3 días después del muestreo, la evaluación de la necesidad de adquisición de equipo de laboratorio, el personal capacitado para la toma de muestras, la estandarización de la gestión de la información y el diseño del programa 5S para el laboratorio.
- Se consideran como recomendación la guía para la inspección de producto en proceso para la planta Belén y la guía de evaluación de apego a procedimientos establecidos en normas técnicas.

- Los técnicos del laboratorio de control de calidad cuentan con calificaciones mayores al 100% según el Sistema Westinghouse, lo cual indica que los mismos se encuentran capacitados para la realización de sus labores.
- Se cuenta con un porcentaje de improductividad de 18,38 % por parte de los técnicos del laboratorio, correspondiente principalmente a ocurrencias por inactividad.
- El costo del porcentaje de improductividad del laboratorio (18,38%) corresponde a un costo aproximado de ₡8175 diarios para la empresa
- El laboratorio de control de calidad de la empresa cuenta con un tiempo efectivo de 43,25 horas semanalmente.
- Se identifican siete normas INTE como bases prioritarias en el desarrollo del diseño de la propuesta de proceso.

## **V. DISEÑO DE LA PROPUESTA**

En este capítulo se abarca la etapa de diseño de la metodología Seis Sigma DMADV en donde se integran todos los requerimientos de diseño identificados en el capítulo IV de este Proyecto. El diseño de la propuesta inicia con la estructuración del proceso requerido para la ejecución del sistema de control de calidad de la empresa además de la asignación de responsabilidades en cada una de sus etapas por medio de una matriz RASCI.

Una vez definido y estructurado el proceso se procedió a involucrar los recursos necesarios para satisfacer el sistema, comenzando por la presentación de la plantilla diseñada para la gestión de la planificación de la toma de muestras, y la evaluación de la necesidad de adquirir nuevo equipo para la toma de muestras y ejecución de ensayos de calidad.

Por otra parte, se presenta la necesidad de recurso humano y la necesidad de recurso de transporte para el traslado de las muestras a los laboratorios y finalmente se presenta la integración y estandarización de elementos que permitan la gestión de la información entre los departamentos involucrados en el proceso.

Definida la estructura del proceso y considerados todos los recursos a involucrar en el mismo, se procede a diseñar la propuesta del proceso presentando dos escenarios distintos, el escenario ideal (propuesta de proceso 1) y el escenario bajo las condiciones presentadas por la empresa (propuesta de proceso 2) para finalmente presentar su arquitectura por medio de diagramas de flujo.

El capítulo concluye con un análisis económico de las propuestas de proceso en el cual se realiza un análisis a nivel comparativo entre el costo de cada una de ellas considerando todos los recursos necesarios para el diseño e implementación de ambas propuestas.

## **A. Estructura del proceso a diseñar**

A continuación, se presenta el diseño de la estructura del proceso propuesto para la correcta ejecución del Sistema de Control de Calidad de la corporación Grupo Pedregal.

### **1. Definición de la estructura general del proceso**

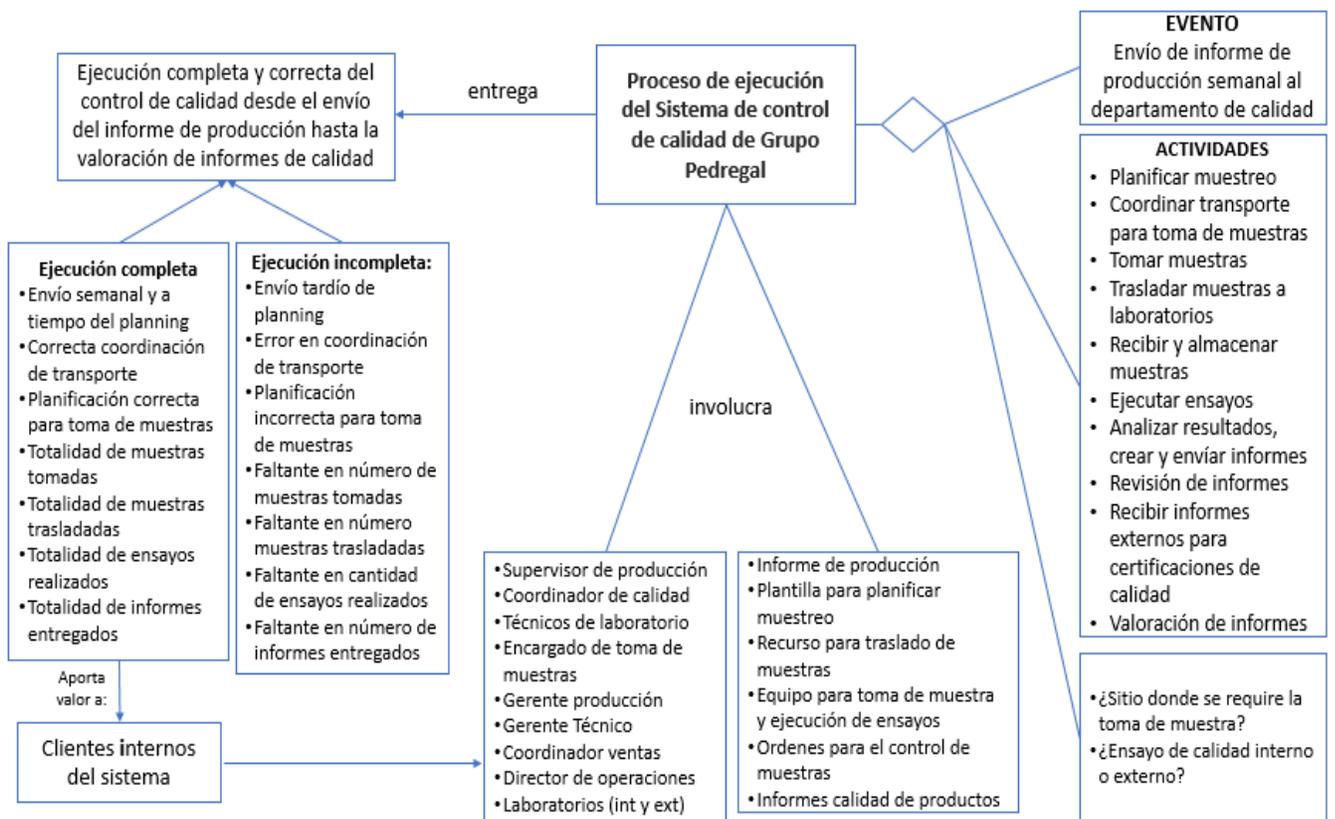
Como fue analizado en el capítulo IV del proyecto, el actual sistema de control de calidad de la empresa cuenta con 9 procedimientos de los cuales 4 presentan oportunidades de mejora significativa (ver inciso A, Análisis de la estructura procedimental). A raíz del análisis del diagnóstico realizado y con base en los requerimientos expresados por los clientes internos del sistema se logró establecer la necesidad de diseñar un proceso que integre los procedimientos actuales mejorados con nuevos procedimientos que permitan no solo satisfacer al cliente interno si no también ejecutar de forma adecuada y completa el Sistema de control de calidad de la empresa de inicio a fin.

La Figura 27. muestra la estructura propuesta para el proceso de ejecución del sistema de control de calidad de la empresa con el fin de lograr la ejecución completa y correcta del control de calidad desde el envío del informe de producción hasta la valoración de los informes de calidad por parte del Director de operaciones de la empresa. A partir del proceso propuesto se presentan dos opciones de resultados, los resultados positivos o deseados (ejecución completa del sistema) y los resultados negativos o no deseados en caso de que no pueda ejecutarse el sistema en su totalidad, como sucede actualmente.

En busca de los resultados deseados, esta propuesta de proceso pretende asegurar el envío semanal y a tiempo del informe de producción para lograr una correcta y temprana coordinación del transporte para el traslado del Encargado de toma de muestras a los diferentes centros de producción. Se busca además que el proceso incluya la planificación correcta para la toma de muestras de modo que se

solucione la situación actual que impide que la totalidad de las muestras sean tomadas.

Por otra parte, con esta propuesta y gracias a la correcta coordinación del transporte se busca solucionar el problema actual referente al traslado de muestras a los laboratorios externos e interno, de modo que todos los ensayos solicitados puedan ejecutarse en el tiempo requerido y por ende los informes de calidad puedan ser entregados y valorados a tiempo. Todo lo expuesto en esta estructura general del proceso busca aportar valor a cada uno de los clientes internos ya que fueron estos los que expresaron las necesidades actuales del sistema que desean ser solventadas por medio de esta propuesta.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 27. Estructura del proceso

Al estar el diseño de un proceso, los actores involucrados vienen a ser los mismos clientes internos identificados en el capítulo IV, incluyendo una nueva figura propuesta para encargarse de la toma de todas las muestras en cada uno de los once centros de producción de Grupo Pedregal. Los objetos involucrados corresponden al informe de producción semanal, la plantilla propuesta para la planificación del muestreo, el recurso de transporte para el traslado de las muestras, el equipo utilizado para la toma de muestra y ejecución de ensayos, órdenes para el control de muestras y finalmente los informes calidad de los productos.

Por otra parte, en distintas etapas del proceso se presentan puntos de decisión en donde el proceso puede tomar caminos diferentes, el primero de ellos ocurre posterior a la planificación del muestreo, cuando el encargado de la toma de muestras debe valorar si la muestra se toma en el centro de producción principal o si es necesaria la coordinación del transporte para la realización de la toma de muestra en otro de los sitios. El segundo punto de decisión ocurre cuando se decide si la muestra debe ser enviada al laboratorio interno o si requiere ser trasladada a un laboratorio externo para su análisis.

Por otra parte, el evento que da inicio al proceso corresponde al envío del informe de producción semanal al departamento de calidad, la lista de actividades desencadenadas por dicho evento se presenta a continuación:

1. Planificación del muestreo
2. Coordinación transporte para toma de muestras
3. Tomar muestras
4. Trasladar muestras a laboratorios
5. Recibir y almacenar muestras
6. Ejecutar ensayos
7. Analizar resultados, crear y enviar informes
8. Revisión de informes
9. Recibir informes externos para certificaciones de calidad
10. Valoración final de informes

## 2. Matriz de asignación de responsabilidades

Con el fin de establecer cuales personas intervendrán en cada una de las etapas del proceso y la manera en que lo harán, se presenta a continuación una matriz de asignación de responsabilidades RASCI. El Cuadro No. 34. Definición de responsabilidades muestra los posibles roles que pueden ser desempeñados en cada etapa del proceso y su respectiva definición.

*Cuadro No. 34. Definición de responsabilidades*

Rol	Descripción
Responsable (R)	Este rol corresponde a la persona <b>responsable</b> de ejecutar el trabajo
Aprueba (A)	Este rol corresponde a la persona encargada de <b>aprobar</b> el trabajo realizado
Supervisa (S)	Este rol corresponde a quien se encarga de <b>supervisar</b> que el trabajo sea realizado
Consultado (C)	Este rol corresponde a la persona a cargo de la información necesaria para el trabajo, es decir, quien debe ser <b>consultado</b>
Informado (I)	Este rol corresponde a quien debe ser <b>informado</b> sobre el avance y los resultados del trabajo.

**Fuente:** Elaboración Propia

El Cuadro No. 35 muestra la matriz de asignación de responsabilidades considerando las actividades y los actores propuestos en la estructura del proceso diseñado

Cuadro No. 35. Matriz de asignación de responsabilidades

Cargo	Supervisor	Coordinador	Técnicos	Encargado	Gerente	Gerente	Coordinador	Director de
Actividad	producción	de calidad	laboratorio	de muestreo	Técnico	Producción	de ventas	operaciones
Envío del informe de producción	R					S		
Planificar muestreo	C	R		I				
Coordinar transporte para toma de muestra		R		I				
Tomar muestra		S		R				
Trasladar muestras al laboratorio		S		R				
Recibir y almacenar muestras		S	R					
Ejecutar ensayos		S	R					
Analizar resultados, crear y enviar informes		R			I		I	
Revisión de informes		C			R			I
Recibir informes externos para certificaciones de calidad		C					R	
Valoración final de informes de calidad								R

Fuente: Elaboración Propia

La matriz RASCI presentada en el Cuadro No. 35 muestra la asignación de responsabilidades correspondiente a las distintas actividades establecidas en el proceso propuesto. Como puede observarse, cada uno de los cargos tiene asignado al menos un rol, el Coordinador de calidad, los Técnicos de laboratorio y el Encargado de la toma de muestra son los únicos cargos que son responsables directos de más de una de las actividades del proceso.

El caso del cargo de Coordinador de calidad es particular ya que sobre esta figura recae la mayor cantidad de roles del proceso, ocurrencia que no es de extrañar considerando que este es un proceso diseñado para gestionar el Sistema de control de calidad de la empresa, por lo contrario, el cargo de Gerente de producción tiene a cargo solamente un rol, correspondiente a la supervisión en el envío del informe de producción cada semana.

Asignando de esta manera al personal necesario para la ejecución del sistema de control de calidad la matriz de asignación permite asegurar que cada una de las actividades del proceso propuesto sean ejecutadas, supervisadas y aprobadas de manera responsable y apropiada.

## **B. Recursos por involucrar en el diseño**

En este apartado se presentarán y evaluarán todos los recursos necesarios para la ejecución del sistema de control de calidad de modo que estos sean valorados para ser o no incluidos dentro de la propuesta de proceso. A continuación, se presenta el primer recurso a involucrar en el proceso que corresponde al diseño de una plantilla para la gestión de la planificación de la toma de muestras del control de calidad de la empresa.

## 1. Recurso para planificación de muestreo

Como fue expuesto en el análisis de la situación actual, actualmente el Departamento de control de calidad no ejecuta ningún tipo de planificación para realizar la toma de muestras, el principal problema de esta situación recae en que al no existir una planificación del muestreo el Coordinador de Calidad no tiene control sobre el día en el que llegaran las muestras al laboratorio interno ni conocimiento sobre el lugar del cual estas provienen, complicando así la ejecución de los ensayos en el tiempo requerido.

Con el fin de solventar este problema y dar soporte al Coordinador de calidad para que este pueda realizar una planificación de muestreo rápida y efectiva se diseñó una plantilla de programación de muestreo en el programa Excel. Como se muestra en la Figura 28. Diagrama estructural de plantilla de planificación de muestreo la estructura de la plantilla cuenta con dos entradas de información que son el registro de producción y el registro de últimos informes realizados, las cuales alimentan la programación para dar como resultado dos salidas que corresponden a un plan de muestreo semanal y un registro de ensayos e informes ejecutados.



**Fuente:** Elaboración Propia

*Figura 28. Diagrama estructural de plantilla de planificación de muestreo*

A continuación, se detallarán cada una de las partes de la plantilla presentando su imagen y su funcionamiento.

Al iniciar el programa se encuentra la pantalla de inicio de la plantilla, que como se muestra en la Figura 60 ubicada en el Apéndice 6, contiene un Menú de opciones por las cuales el Coordinador de calidad podrá optar cada vez que ingrese al programa, dicho Menú de inicio presenta 8 botones con distintas opciones de acceso, cuyas descripciones y funcionamiento se explican detalladamente a continuación:

- **Botón de manual de usuario**

Este es un botón adicional que contiene la pantalla de inicio, el mismo presenta un manual de usuario de manera breve y sencilla de modo que el usuario pueda comprender claramente su manejo y funcionamiento. La pantalla de este manual se observa en la Figura 61 ubicada en el Apéndice 6.

- **Botón de registro de producción**

La primera de las opciones corresponde al registro de producción, cuando el usuario oprima este botón se desplegará la pantalla mostrada en el Apéndice 6, Figura 62, la cual muestra toda la información que el usuario deberá ingresar para alimentar la plantilla y lograr que esta ejecute sus funciones.

Es importante aclarar que para que se dé la planificación correcta del muestreo por medio de esta plantilla se establecen una serie de puntos, primeramente, dado a que actualmente existe la necesidad por parte del laboratorio de conocer la producción semanal de cada centro de producción, se requiere que el Supervisor de Producción envíe al Coordinador de calidad un informe de producción semanalmente, de modo que la información contenida en este informe alimente la plantilla y se pueda planificar la toma de las muestras.

El informe de producción que debe de enviar el Supervisor de producción debe contener la información y el formato mostrado en la Figura 29. Formato propuesto para el informe de producción semanal el mismo debe de ser enviado vía correo electrónico

los viernes de cada semana al Coordinador de Calidad con la información de producción programada para la semana siguiente. En caso de que durante la semana se presente alguna variación en la producción, el Supervisor deberá informar al Coordinador los cambios respectivos.

INFORME DE PRODUCCIÓN SEMANAL			
Fecha de producción	Máquina	Código	Unidades totales

Fuente: Elaboración Propia

Figura 29. Formato propuesto para el informe de producción semanal

Cabe destacar que en el informe de producción no se solicita el ID, ni el centro de producción ni el nombre o familia del producto debido a que la plantilla se encuentra programada para generar esta información automáticamente con base en el catálogo de productos mostrado en la Figura 30:

Máquina		Centro de Producción	CÓDIGO	NOMBRE
M 2	Belén	PTAGRE-01-0001	Lastre	
M 3	Belén	PTAGRE-01-0002	Lastre	
M 4	Belén	PTAGRE-01-0003	Lastre	
M 7	Belén	PTAGRE-01-0004	Agregado FILL	
M 8	Belén	PTAGRE-02-0001	Base	
M 5	Nicoya	PTAGRE-02-0002	Sub Base	
M 6	Guápiles	PTAGRE-02-0003	Base	
M 9	San Carlos	PTAGRE-02-0004	Sub Base	
M 10	Esparza	PTAGRE-02-0005	Sub Base	
M 11	Guápiles	PTAGRE-02-0006	Base	
QUEB-Liberia	Liberia	PTAGRE-02-0007	Base	
QUEB-Nicoya	Nicoya	PTAGRE-03-0001	Balasto	
QUEB-Aranjuéz	Aranjuéz	PTAGRE-03-0002	Piedra 1024 PEDREGAL	
QUEB-San Carlos	San Carlos	PTAGRE-03-0003	Quinta	
QUEB-Esparza	Esparza	PTAGRE-03-0004	Quinta	
QUEB-Orotina	Orotina	PTAGRE-03-0005	Cuarta	
QUEB-Belén	Belén	PTAGRE-03-0006	Cuarta	
QUEB-Pérez Zeledon	Pérez Zeledon	PTAGRE-03-0007	Cuarta	
QUEB-Rio Claro	Rio Claro	PTAGRE-03-0008	Cuarta	
QUEB-Guápiles	Guápiles	PTAGRE-03-0009	Piedra 38mm (1 1/2") PEDREGAL	
QUEB-Limón	Limón	PTAGRE-03-0010	Piedra 50mm (2") PEDREGAL	
		PTAGRE-03-0011	Piedra Bruta PEDREGAL	

Fuente: Elaboración Propia

*Figura 30. Catálogo de productos y máquinas*

- **Botón de registro de últimos informes**

La segunda opción corresponde al registro de últimos informes, en este registro el usuario deberá actualizar constantemente la fecha registrada de los últimos informes internos y externos generados por el Departamento de calidad. En esta pantalla se incluyen todas las combinaciones<sup>13</sup> posibles de los ensayos existentes, de modo que por medio de filtros el usuario pueda fácilmente ingresar las fechas registradas en los informes generados.

El propósito de contar con este registro se debe a que la programación del muestreo se realizará con base en estas fechas ya que la frecuencia de muestreo se programará para que la muestra se tome cada cierto periodo de tiempo, como se explicará en el siguiente punto (Botón de programación de muestreo). La pantalla que muestra el registro de los últimos informes generados se muestra en el Apéndice 6, en la Figura 63.

- **Botones de programación de muestreo**

Estos 4 botones corresponden a las opciones siguientes del Menú de inicio, las pantallas desplegadas al seleccionar cada botón contienen la programación del muestreo semanal de los agregados y de los bloques, adoquines y complementos tanto a nivel interno como a nivel externo, contándose con un total de 4 pantallas programadas bajo el mismo esquema (ver ejemplo de plantilla para programación de muestreo interno en agregados en el Apéndice 6, en la Figura 64).

Para realizar esta programación fue necesaria la consulta de fichas técnicas y una consulta directa con el Coordinador de Calidad con el fin de conocer el modo en el que la empresa maneja la frecuencia de muestreo y el tamaño de las muestras actualmente.

---

<sup>13</sup> Combinaciones entre familia de producto, tipo de producto, centro de producción y tipo de ensayo (interno o externo). Por ejemplo: Informe de Agregado, Arena de Río, Limón, Externo.

A partir de estas consultas logró conocerse que la empresa maneja patrones de frecuencia de muestreo y toma de muestras basados en niveles de producción y en lo establecido en las normas técnicas INTE 06-02-32-09 (en el caso de agregados) e INTE 06-02-13:2015 (en el caso de bloques adoquines y complementos).

El Coordinador de Calidad indicó que la toma de las muestras de los **agregados** se maneja con una frecuencia de muestreo de 2 meses para control de calidad interno y una frecuencia de 6 meses para control de calidad a nivel externo. Por su parte, el tamaño de la muestra se maneja según lo establecido en la norma INTE 06-02-32-09 dependiendo del tamaño del agregado, sin embargo, en la empresa el tamaño de muestra se encuentra establecido <sup>14</sup> para realizar los ensayos requeridos en los informes de calidad de agregados, por ejemplo; para un Lastre se toman 2 sacos de agregado para realizar el ensayo de peso unitario y el ensayo de granulometría.

Respecto a los bloques, adoquines y complementos, la norma INTE 06-02-13:2015 indica que **cada 50 000 unidades** fabricadas debe de tomarse una muestra mínima de 6 especímenes para pruebas de compresión y flexión y 6 especímenes para pruebas de absorción (12 especímenes en total por informe<sup>15</sup>). Con base en lo expresado por el Coordinador de Calidad la empresa maneja un tamaño de muestra estándar de 15 especímenes para todos los ensayos a realizar (el tamaño de la muestra para generar un informe de calidad se aumenta en tres especímenes con el fin de tener una muestra más representativa de la población).

La Figura 31 muestra un resumen de la tabla de especificaciones técnicas planteada en la plantilla con base en lo ya mencionando, estas especificaciones se encuentran enlazadas con la información de producción para calcular el tamaño de

---

<sup>14</sup> El tamaño de muestra establecido se estandariza para todos los materiales y el mismo respeta el tamaño de muestra mínimo aceptado por la norma INTE 06-02-32-09.

<sup>15</sup> Según lo establecido en el Cuadro No. 26

muestra a tomar y mostrarlos en las pantallas de programación de muestreo respectivas.

<b>Especificaciones Técnicas</b>		Menú
CÓDIGO	NOMBRE	Tamaño de muestra (sacos)
PTAGRE-01-0001	Lastre	2 sacos
PTAGRE-01-0002	Lastre	2 sacos
PTAGRE-01-0003	Lastre	2 sacos
PTBLOQ-03-0006	Master Block	15 especímenes
PTBLOQ-03-0007	Master Block	15 especímenes
PTBLOQ-03-0008	Bloque ENTREPISO 20X10X62 PEDREGAL	15 especímenes

Fuente: Elaboración Propia

Figura 31. Especificaciones técnicas, plantilla de planificación de muestreo

Para efectos de estandarizar la frecuencia en la toma de muestras de los bloques, adoquines y complementos fue necesaria la consulta de un histórico mensual<sup>16</sup> de niveles de producción por máquina en donde se logró estimar una producción mensual aproximada de 397.101, como muestra el Cuadro No. 36.

Cuadro No. 36. Cálculo producción mensual promedio por máquina de cada sitio

Máquina	Producción mes Marzo 2017
m5	411.539
m9	486.576
m10	334.315
m2	297.570
m8	393.631
<b>TOTAL</b>	<b>384.726</b>

Fuente: Elaboración Propia con base en históricos de producción Pedregal

Esta cantidad de unidades producidas (384.726) dividido entre las 50 000 unidades establecidas por la norma INTE 06-02-13:2015<sup>17</sup> dan como resultado que

<sup>16</sup> Se toma el mes de marzo como referencia ya que es uno de los meses que presenta mayores niveles de producción, asegurando de este modo la estandarización de un tamaño de muestra representativo para todas las máquinas.

<sup>17</sup> Esta norma establece que cada 50 000 unidades producidas debe de tomarse una muestra

deben de tomarse aproximadamente **8 muestras cada mes**, lo que corresponde a un total de 2 muestreos cada semana en cada máquina.

En el Cuadro No. 37 se resumen las frecuencias de muestreo establecidas <sup>18</sup>para todos los tipos de productos y tipos de ensayos:

*Cuadro No. 37. Frecuencia de muestreo establecida para la programación*

Tipo de producto	Frecuencia de muestreo
Agregado	1 muestreo cada 2 meses a nivel interno
Agregado	1 muestreo cada 6 meses a nivel externo
Bloques adoquines y complementos	2 muestreos cada semana
Bloques adoquines y complementos	1 muestreo cada mes a nivel externo en planta Belén 1 muestreo cada 2 meses a nivel externo en otros sitios

**Fuente:** Elaboración Propia

Una vez establecida la frecuencia de toma de muestras y verificado el tamaño de muestra para cada tipo de producto se procede a diseñar las hojas de programación.

Como puede observarse en Apéndice 6, en estas 4 pantallas de programación se enlaza automáticamente la fecha de producción, el producto y el centro de producción (provenientes de la hoja Registro de producción), con la última fecha de informe que concuerde con la combinación<sup>19</sup> de estos elementos (fecha, producto, centro de producción), de este modo la plantilla es capaz de reconocer según las frecuencias de muestreo establecidas en el Cuadro No. 37 si se requiere o no muestreo y en caso de que se requiera indicar el tamaño de muestra que se debe de ser tomado.

---

<sup>18</sup> La frecuencia de muestreo establecida para la programación fue revisada y validada por el Coordinador de Calidad de la empresa.

<sup>19</sup> Se hace referencia a las combinaciones presentadas en la página 13.

- **Botón de registro de plan de muestreo**

La cuarta opción del Menú inicial corresponde al plan de muestreo semanal, al usuario oprimir este botón se desplegará una pantalla con un formato de calendario semanal en donde el Coordinador de Calidad podrá establecer a conveniencia<sup>20</sup> el plan de muestreo correspondiente a dos semanas consecutivas basándose en lo obtenido en las programaciones de muestreo expuestas en la opción anterior.

La Figura 65 mostrada en el Apéndice 6, presenta el formato de calendario presentado en la pantalla para visualizar de manera más clara y específica los muestreos pendientes de cada semana. El objetivo de esta pantalla es visualizar de un modo más ordenado los muestreos de cada semana facilitando al Coordinador de Calidad la coordinación, organización y presentación de la toma de muestras con el **Encargado de la toma de muestras** semanalmente. Con el fin de minimizar el uso de papel y agilizar la gestión de la información se recomienda al Coordinador de Calidad facilitar el calendario de muestreo al Encargado de toma de muestras utilizando la aplicación Whatsapp.<sup>21</sup>

- **Botón de registro de ensayos e informes**

La quinta opción de la plantilla corresponde al registro de las fechas de los ensayos e informes programados y los ensayos e informes ya ejecutados. En esta pantalla el usuario deberá ingresar en las celdas de color gris la fecha en la cual las muestras fueron tomadas, los ensayos fueron ejecutados y los informes generados, tal y como se muestra en la Figura 66.

---

<sup>20</sup> Se da al usuario la libertad de organizar el muestreo de cada semana con el fin de que se optimicen y aprovechen los recursos de transporte de muestras de la mejor manera (coordinación de muestreo por rutas múltiples como la ruta Limón-Guápiles)

<sup>21</sup> Esta recomendación fue validada por el Coordinador de Calidad ya que la misma técnica de transferencia de información es utilizada actualmente en otros procesos de la empresa

Esta pantalla además de funcionar como registro visual permite realizar una comparación entre las fechas programadas y las fechas de ejecución de muestreos, ensayos y generación de informes, de modo que pueda controlarse el rendimiento del laboratorio de control de calidad de la empresa. Más adelante, en la prueba piloto desarrollada en el VI capítulo de este Proyecto se podrá visualizar por medio de información real el funcionamiento de cada opción de esta plantilla.

## 2. Equipo para la toma de muestras y ejecución de ensayos

Dado a que una de las necesidades expresadas por los clientes internos corresponde a contar con todo el equipo necesario para la toma de muestras y para la ejecución de ensayos de laboratorio, se procedió a ejecutar una lista de evaluación sobre la cantidad de equipo con el que cuenta el departamento de calidad y sus condiciones actuales. Esta evaluación se realizó con base en los equipos y herramientas establecidos como necesarios en las normas técnicas INTE 06-02-32-09, INTE 06-02-12-08, INTE 06-02-13-2015, INTE 06-02-14-06, INTE 06-03-01-07 e INTE 06-04-01-06 de modo que pueda considerarse si es o no necesaria la adquisición o reposición de alguno de estos recursos.

La evaluación se realizó por medio de una lista de chequeo (ver lista de chequeo diseñada y utilizada en Apéndice 7) en donde se obtuvo que en el laboratorio de control de calidad de la empresa existen todos los equipos establecidos en las normas técnicas y todos se encuentran en buenas condiciones, sin embargo, se determinó que para ejecutar el Sistema de control de calidad conforme a la normativa es necesaria la adquisición de un nuevo horno de secado que permita a los técnicos de laboratorio ejecutar una mayor cantidad de ensayos simultáneamente. Esta necesidad se fundamenta en que el horno actual no tiene la capacidad (en términos de tamaño) para secar varias muestras a la vez, lo que produce un atraso en la obtención de resultados.

Guillermo López, técnico de laboratorio encargado de la ejecución de ensayos de calidad para agregados explica que en la mayoría de las ocasiones (debido al

poco espacio con el que cuenta el horno de secado actual) se ve obligado a utilizar métodos de secado no convencionales diferentes a los aprobados por las normas ya citadas, como lo es el secado del agregado por medio de una plantilla de gas. López menciona que este método de secado por plantilla es normalmente utilizado cuando se requieren resultados de informes de calidad urgentes, sin embargo, lo adecuado para evitar variación en los resultados del ensayo es que el método se realice en secado al horno por un tiempo de  $24 \pm 2$  horas como lo establece la norma.

Para comprobar la necesidad de adquirir el horno de secado se procedió a calcular el número de ensayos a realizar anualmente según lo establecido en el Cuadro No. 37 Frecuencia de muestreo establecida para la programación.

*Cuadro No. 38 Cantidad de muestreos internos al año*

Tipo de producto	Frecuencia de muestreos internos planificados	Individual por año	Número de productos <sup>22</sup>	Centros de producción	Total anual
Agregados	1 cada 2 meses	6	7	11	<b>462</b>
BAC <sup>23</sup>	2 muestreos cada semana	96	7	5	<b>3360</b>

**3822**

**Fuente:** Elaboración Propia

Considerando que actualmente deben de realizarse aproximadamente 3822 ensayos se concluye que contemplando las 52 semanas anuales y descontando los días domingos y los 11 días feriados obligatorios, se cuenta con un total de 304 días laborales al año, en donde se deben de generar en promedio un total de **12 informes diarios aproximadamente.**

<sup>22</sup> Este corresponde al número de productos a los cuales se les realiza ensayos de control de calidad debido a su rotación. Se excluyen del estudio los productos "especiales" que requieren de ensayos de calidad de manera muy poco frecuente.

<sup>23</sup> Bloques, adoquines y complementos

Según datos históricos de los años 2015 y 2016 actualmente se generan en promedio 5 informes de calidad diarios. Considerando que con un horno como el actual el laboratorio tiene la capacidad de generar aproximadamente 5 informes diarios, se puede concluir que con 3 de estos hornos el laboratorio tendría la capacidad de generar aproximadamente 15 informes al día.

Dado a que con la nueva programación del muestreo se requieren aproximadamente 12 informes diarios y el cálculo refleja que con dos hornos nuevos podrían generarse 15 informes al día, se puede concluir que con la compra de **dos hornos** con un tamaño similar al actual se puede contar con la capacidad necesaria para satisfacer la demanda de informes bajo las condiciones actuales de planificación.

Respecto al resto de la evaluación, se verifica que se cuenta con todas las herramientas necesarias y que las mismas se encuentran en el estado óptimo para la ejecución de las tareas de toma de muestra y ejecución de ensayos de calidad.

### 3. Recurso humano

Con base en la estructura de proceso propuesta en el inciso A de este capítulo, se procede a analizar las opciones de recurso humano existentes en la empresa, de modo que pueda establecerse si es o no necesario incluir más figuras dentro del proceso además de las que se tienen actualmente, para esto se analiza la necesidad de recurso humano tanto para la ejecución de ensayos como para la toma de muestras.

- Recurso humano para ejecución de ensayos en el laboratorio

Según los resultados obtenidos en el cálculo de la capacidad del laboratorio (ver Cuadro No. 32) y comparando estos resultados con la estimación de los informes por generar bajo la planificación del muestreo propuesta, se puede concluir que para la ejecución de ensayos de laboratorio **no se requiere** la contratación de

nuevo personal, ya que según el cálculo realizado actualmente se cuenta con la capacidad de generar aproximadamente 72 informes semanales, es decir, 12 informes diarios, lo cual coincide con los 12 informes diarios que deben ser generados según la programación realizada<sup>24</sup>.

- Recurso humano para toma de muestras

Como ya fue mencionado, todos los cargos actuales involucrados en el sistema de calidad (clientes internos) son mantenidos en la propuesta del proceso, sin embargo, se involucra una nueva figura correspondiente al **Encargado de toma de muestras**, ya que actualmente no se cuenta con una figura responsable de esta actividad tan importante para mantener un buen control de calidad de los productos.

Uno de los principales problemas corresponde a que cuando las muestras son tomadas por una persona no capacitada y no se sigue el procedimiento adecuado hay posibilidad de que se presente heterogeneidad en la muestra, causando variabilidad en los resultados de los informes de calidad dado a la baja representatividad de la población que está siendo analizada.

El Coordinador de Calidad mencionó en una de las entrevistas realizadas que en distintas ocasiones el laboratorio ha tenido que esperar a que se envíen nuevas muestras ya que con las muestras iniciales (tomadas por operarios de planta) los ensayos presentan resultados muy irregulares y poco comunes, esto incurre en un costo de reproceso por toma y traslado de muestras que podría ser evitado si la muestra se tomara adecuadamente por una persona capacitada desde un principio.

Por otra parte, se presenta un problema con la estandarización dado a que la empresa no ha asignado a una persona como encargada de la toma de las muestras en los distintos centros de producción, actualmente la muestra es tomada por la

---

<sup>24</sup> Es importante destacar que, como ya fue mencionado, el análisis de capacidad fue realizado sin comprometer la totalidad del tiempo efectivo de los operarios, por lo que puede asegurarse que los Técnicos actuales son capaces de cumplir con la programación nueva a cabalidad.

persona que esté disponible en el momento, es decir, esta nunca es tomada por la misma persona. Para contar con un sistema de medición confiable es necesario que exista repetibilidad y reproducibilidad en las mediciones, en este caso, se requiere que la toma de las muestras sea estandarizada, realizándola la misma persona y utilizando siempre el mismo procedimiento de modo que las muestras sean tomadas bajo las mismas condiciones, lo cual es imposible de conseguir bajo el método actual.

Otro tema delicado por considerar en esta situación es que las personas que actualmente toman las muestras son las mismas personas que fabrican los productos, provocando que la persona que toma la muestra actúe como juez y parte lo cual es inapropiado ya que tendría siempre la posibilidad de escoger los mejores especímenes de la muestra, afectando así la aleatoriedad y la representatividad de la misma.

Es por todas estas razones que para solventar la necesidad existente del sistema y permitir que se reduzcan las fuentes de variación, se propone la contratación de un nuevo técnico de laboratorio como responsable de **la toma y traslado de muestras** para ensayos de calidad internos y externos, de manera confiable, representativa y ordenada al cuál a partir de ahora se le denominará **Técnico de campo**. La contratación de un Técnico de campo se enfoca en un escenario ideal que permitiría solventar a cabalidad la problemática que presenta actualmente el sistema, sin embargo, según las condiciones expuestas por la empresa se presenta otra alternativa.

Por un tema de costo y para evitar la contratación de un nuevo empleado, las condiciones de restricción planteadas por la empresa sugieren que esta labor siga siendo realizada por operarios de las plantas, por lo que se propone la asignación de al menos dos Encargados de toma de muestra por planta, que sean capacitados para siempre realizar la toma de muestras de manera adecuada y puedan también llevar el control de las muestras entregadas como es propuesto en este Proyecto.

Cabe destacar que esta opción incurre en un costo menor pero no solventa la totalidad de los problemas, ya que la persona asignada seguiría actuando como juez y parte y se le involucraría a su trabajo una labor para la cual no fue contratado. Para la aplicación de esta alternativa la empresa requeriría el desarrollo de un programa de capacitación en cada uno de los centros de producción a cargo del Coordinador de Calidad, en donde se asigne al menos dos encargados por planta y se le capacite con base en lo establecido por la normativa<sup>25</sup>.

#### 4. Recurso de transporte

En el capítulo IV de este Proyecto se logró conocer que actualmente el laboratorio de control de calidad de Pedregal no cuenta con un recurso de transporte propio, situación que ha dificultado la recepción y traslado de las muestras a los laboratorios. Actualmente las muestras son enviadas a los laboratorios cuando existe disponibilidad de transporte ajeno al departamento de calidad como lo son camiones o trailetas transportadoras de producto o vehículos utilizados por personal administrativo de la empresa. El transporte de las muestras al laboratorio interno se coordina en la mayoría de casos con el encargado de mantenimiento cuando este realiza visitas a otros centros de producción, más aún no existe coordinación para el traslado de las muestras a los laboratorios externos.

El problema principal de esta situación es que cuando no se cuenta con recurso disponible para el traslado de una muestra se atrasa la entrega de las muestras a los laboratorios. En caso de que las muestras para ensayos a nivel interno se atrasen se puede atrasar la liberación del producto, en una situación en donde esto suceda y la empresa requiera liberar el producto existen dos posibilidades, o se

---

<sup>25</sup> Se realizó una visita al Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, en donde se aclaró que la norma técnica no establece que la muestra deba de ser tomada por una persona certificada, se permite que sea tomada por una persona no certificada siempre y cuando esta haya sido capacitada por una persona que cuente con la certificación respectiva (certificación ACI), motivo por el cual se propone al Coordinador de Calidad como capacitador.

atrasa la liberación causando la disconformidad del cliente o se corre el riesgo de liberar producto sin haber sido aprobado mediante una prueba de calidad.

Respecto al laboratorio externo, cuando no existe transporte disponible se incurre en el costo de pedir que el laboratorio externo recoja la muestra en los centros de producción. Considerando esta situación, se plantea la propuesta de adquirir un recurso de transporte fijo para facilitar al departamento de calidad la toma y traslado de muestras a los laboratorios, ya que, si se la empresa decide contratar a una persona encargada para la toma de muestras, lo ideal sería que la misma cuente con un recurso de transporte que se adecue al muestreo planificado.

Al igual que con el recurso humano, bajo las condiciones de restricción planteadas por la empresa se plantea otra propuesta, en donde para la recolección de muestras para ensayos internos se asigne al Coordinador de Calidad la coordinación de los transportes con los vehículos disponibles y se contrate a los laboratorios externos para que realicen la recolección de las muestras para ensayos externos en los distintos sitios de producción. Esta alternativa se elegiría tomando el riesgo de no contar con transporte que se adecue a la planificación del muestreo semanal.

## **5. Recursos para gestión de información**

Con base en la necesidad planteada por los clientes internos de mejorar la comunicación entre los departamentos se procede a investigar la opción de establecer dentro del diseño del proceso el uso de recursos que faciliten la comunicación y logren que la información fluya de manera rápida y adecuada.

Según la opinión de los clientes internos obtenida en la primera entrevista realizada (ver entrevista en Apéndice 2) los puntos en donde se interrumpe el paso de la información se encuentran al inicio cuando se pasa la información de producción al departamento de calidad y cuando el Coordinador de calidad pasa al gerente técnico los informes de calidad de los productos. Para solventar estas necesidades se definen la siguiente propuesta:

- Envío de informes vía correo electrónico

En esta propuesta se plantea que el envío de informes debe de realizarse por medio del correo electrónico de la empresa. En el primer caso se encuentra el envío del informe de producción semanal, para lo cual se establece que el Supervisor de producción debe de enviar el informe de producción los días **viernes de cada semana sin excepción** y comunicar de forma inmediata al Coordinador de calidad en caso de que se presente algún cambio en el plan durante la semana.

Por otra parte, en el caso del envío de los informes de calidad se establece que el Coordinador de Calidad deberá enviar los informes al Gerente Técnico **máximo 3 días después de realizada la toma de la muestra**<sup>26</sup>. Este periodo de tiempo de 3 días podrá ser controlado por el Gerente Técnico ya que esta persona tiene acceso a la plantilla de planificación de muestreo teniendo la oportunidad de conocer las fechas en las cuales debe de recibir cada informe de calidad según lo planeado. Finalmente, se recomienda que en el asunto del correo sea siempre el mismo para que los destinatarios tengan la opción de filtrar los informes desde el correo en caso de consulta.

En el caso de las certificaciones de calidad emitidas por los laboratorios externos, estas deben de ser impresas y entregadas al departamento de ventas una vez que las mismas son recibidas e ingresadas a la base de datos del laboratorio. Se recomienda al departamento de ventas implementar un control de actualización de certificaciones, en donde se asegure que se tenga siempre a disposición del cliente final la última versión de las certificaciones emitidas por los laboratorios externos. Para implementar este control se recomienda hacer uso de un sello con una leyenda como la mostrada en la Figura 32, de manera que no se corra el riesgo de entregar certificaciones fuera de fecha a los clientes finales que la soliciten.

---

<sup>26</sup> Restricción a solicitud del Gerente Técnico de la empresa.



**Fuente:** Elaboración Propia

*Figura 32. Leyenda para sello de control de actualización de certificaciones de calidad*

Finalmente, se establece el uso y actualización obligatoria de las bases de datos para el registro y control de muestreo y para el control de informes y certificaciones de calidad generados, tanto el registro de informes interno propuesto en este proyecto como los registros existentes en el laboratorio de la empresa.

Como última recomendación para la correcta gestión de la información del proceso se diseñan formularios para el control y rotulación de las muestras tomadas y entregadas a los laboratorios. Cada vez que el Técnico de campo o el Encargado de toma de muestra tome la muestra, independiente del centro de producción en el que se encuentre, deberá emitir un recibo para que exista un respaldo de que la muestra fue tomada (ver recibo diseñado en Apéndice 9), dicho registro deberá ir firmado por el Encargado de toma de muestra o Técnico de campo y por la persona a cargo de la producción de la cual la muestra fue extraída.

**PEDREGAL**  
BASE SOLIDA DE SU CONSTRUCCION

**IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS PARA  
LABORATORIO INTERNO**

Producto: \_\_\_\_\_

Centro de producción: \_\_\_\_\_

Fecha de toma de muestra: \_\_\_\_\_

**Fuente:** Elaboración Propia

*Figura 33. Propuesta para rotulación de muestras*

Además, el Encargado o Técnico deberá rotular las muestras tomadas con el fin de facilitar su identificación y trazabilidad una vez que estas llegan al laboratorio de control de calidad. Para el proceso de rotulación se diseña la propuesta de etiqueta para la rotulación de muestras presentada en la Figura 33.

### **C. Diseño de propuesta de proceso con base en 2 escenarios**

Dado que en el apartado anterior se presentaron distintas opciones en algunos de los recursos, en este apartado se mostrarán dos escenarios, los cuales se presentarán a la empresa como propuestas de proceso para la correcta ejecución de su sistema de control de calidad. A continuación, se describirán ambos escenarios y posteriormente se presentarán los diagramas de flujo correspondientes a cada uno de ellos.

#### **1. Presentación y comparación de escenarios**

Como fue mencionado con anterioridad, dado a que se presentan distintas opciones de recursos, se tomó la decisión de proponer a la empresa dos opciones de proceso, el primero de ellos correspondiente a un escenario ideal en donde se busca solventar la totalidad de las necesidades del sistema y otro escenario basado

en las condiciones propuestas por la empresa, en donde se buscan satisfacer las necesidades de manera parcial al tratar de incurrir en un costo menor al presentado por el primer escenario (escenario ideal).

Es importante destacar que la mayoría de los recursos y características en ambos escenarios son iguales y que su principal diferencia radica en las opciones de recurso humano y recurso de transporte que fueron planteados, sin embargo, con el fin de visualizar de manera más sencilla y detallada cada diferencia y similitud se presenta en el Cuadro No. 39 la comparación de recursos y características para ambos escenarios

*Cuadro No. 39. Comparación de recursos y características de cada escenario*

Recursos y características	Escenario ideal	Escenario bajo las condiciones de restricción planteadas por la empresa
Envío de informe de producción	Envío de informe de producción el viernes de cada semana	Envío de informe de producción el viernes de cada semana
Equipo para toma de muestras	No se requiere	No se requiere
Equipo para ejecución de ensayos	Adquisición de dos hornos para secado de muestras	Adquisición de dos hornos para secado de muestras
Recurso humano	Contratación de <b>Técnico de campo</b>	Asignación y <b>capacitación de personal</b> para toma de muestras en cada centro de producción
Recurso de transporte	<b>Adquisición de nuevo vehículo</b> para uso del Técnico de campo para la toma y traslado de muestras a los laboratorios	<b>Coordinación de recurso de transporte</b> existente para el traslado de las muestras al laboratorio interno y pago para el traslado al laboratorio externo
Recurso planificación de muestreo	Plantilla de planificación de muestreo semanal	Plantilla de planificación de muestreo semanal

Recurso para gestión de información	- Envío de informes de producción e informes de calidad vía correo electrónico de la empresa	- Envío de informes de producción e informes de calidad vía correo electrónico de la empresa
Identificación de muestras	Etiqueta para rotulación de muestras	Etiqueta para rotulación de muestras
Emisión de recibos	-Recibo de muestras recibidas o entregadas	-Recibo de muestras recibidas o entregadas
Registros / Bases de datos	-Registro de muestras recibidas (propios) -Registro de ensayos e informes completados (plantilla de planificación de muestreo)	-Registro de muestras recibidas (propios) -Registro de ensayos e informes completados (plantilla de planificación de muestreo)

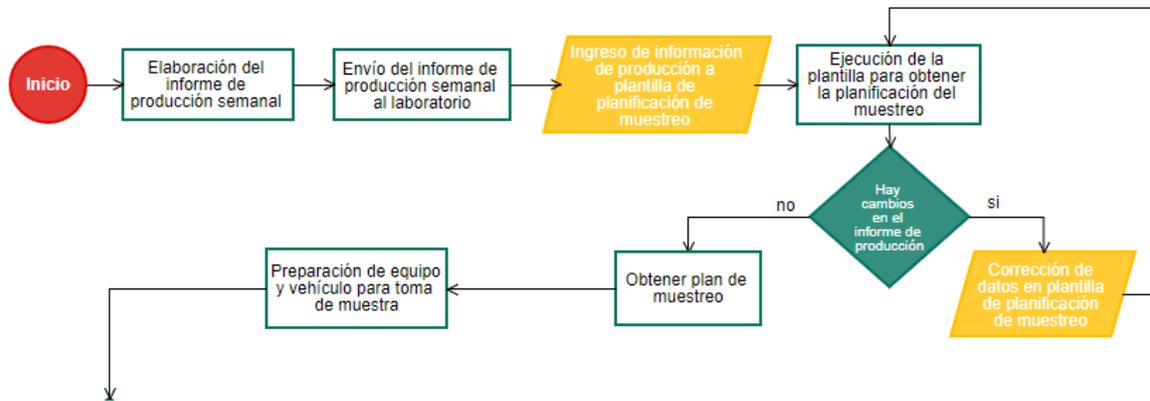
**Fuente:** Elaboración Propia

## 2. Diagramas de flujo para el diseño del proceso

Una vez definida la estructura general del proceso, asignadas las responsabilidades de las personas involucradas y determinados los recursos necesarios, se procede a construir de manera detallada la arquitectura de las dos propuestas de proceso mediante diagramas de flujo, comenzando por el diagrama de la propuesta basada en un escenario ideal seguido por el diagrama correspondiente a la propuesta diseñada bajo las condiciones de restricción planteadas por la empresa.

- **Propuesta de proceso 1 (Escenario ideal)**

Con el fin de contar con un panorama amplio y detallado de la arquitectura de esta propuesta de proceso, a continuación, se presentan cada una de las actividades que lo componen y se explica detalladamente cuales son las especificaciones que se deben de cumplir en cada actividad para lograr la correcta ejecución del sistema de control de calidad de la empresa mediante este proceso.



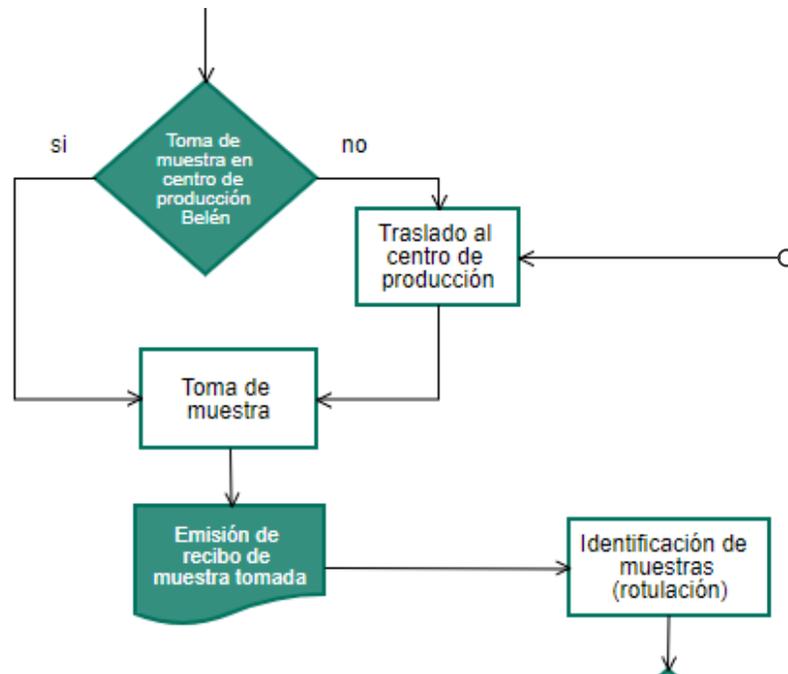
**Fuente:** Elaboración Propia

*Figura 34. Diagrama de flujo propuesta de proceso 1, parte 1*

En la Figura 34 se muestra el inicio del diagrama de flujo, el cual parte de la elaboración y el envío del informe de producción semanal al laboratorio de control de calidad, el Supervisor de Producción es el responsable de enviar sin falta los viernes de cada semana este informe al Coordinador de Calidad vía correo electrónico, especificando la producción semanal de agregados, bloques, adoquines y complementos en los 11 centros de producción de la empresa. Una vez recibido el informe, el Coordinador de Calidad procederá ingresar la información de producción a la plantilla de planificación de muestreo propuesta en este proyecto (ver diseño de plantilla en punto 3, inciso B, capítulo VI). Ejecutando la plantilla, el Coordinador de Calidad podrá conocer de forma inmediata cuándo y dónde deben realizarse los muestreos cada semana y la cantidad de muestra que debe de ser trasladada a los laboratorios.

En caso de que exista algún cambio en la producción, el Supervisor de Producción deberá comunicarlo al Coordinador de Calidad para que este realice la corrección de los datos en la plantilla. Cuando el plan de muestreo se encuentra listo, el Técnico de campo procederá a preparar el equipo y el vehículo para salir a realizar el muestreo.

○



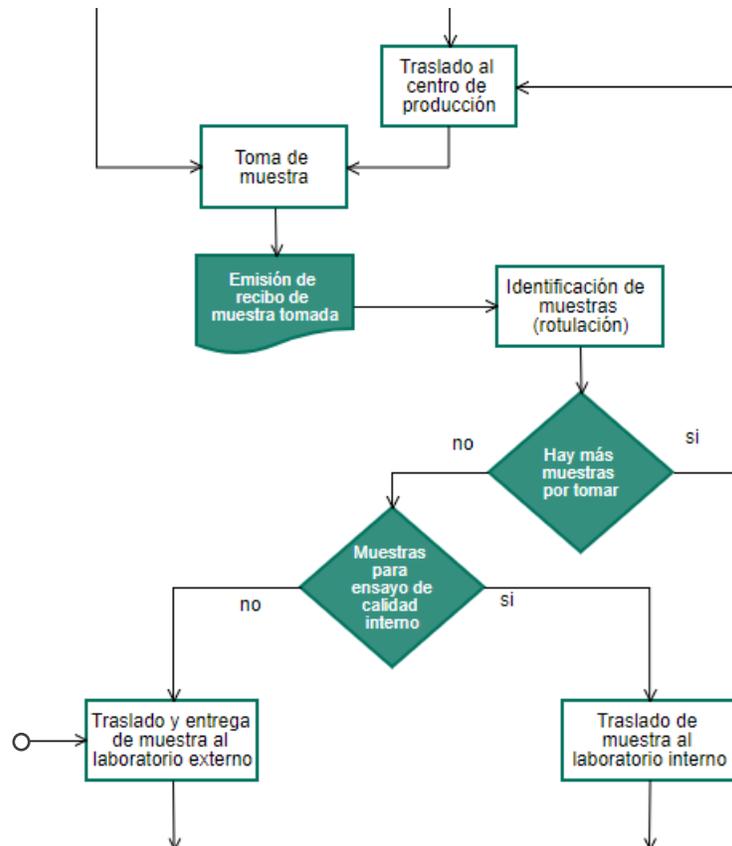
**Fuente:** Elaboración Propia

*Figura 35. Diagrama de flujo propuesta de proceso 1, parte 2*

La Figura 35 muestra la segunda parte del diagrama, la cual comienza con un punto de decisión en donde se requiere conocer si la toma de muestra debe ser realizada en el centro de producción principal (centro de producción Belén) o si la misma debe ser tomada en otro sitio, como se aprecia en el diagrama de flujo, si la muestra es de Belén, el Técnico de campo procede a tomarla, más si la muestra debe ser tomada en otro sitio, este se debe trasladar al centro de producción y realizar la toma de la muestra correspondiente.

Cada vez que el Técnico de campo realice esta labor, independiente del centro de producción en el que se encuentre, deberá emitir un recibo para que exista un respaldo de que la muestra fue tomada (ver recibo diseñado en Apéndice 9), dicho registro deberá ir firmado por el Encargado de toma de muestra y por la persona a cargo de la producción de la cual la muestra fue extraída. Además, el Encargado deberá rotular las muestras con el fin de facilitar su identificación una vez que estas lleguen al laboratorio de control de calidad.

○



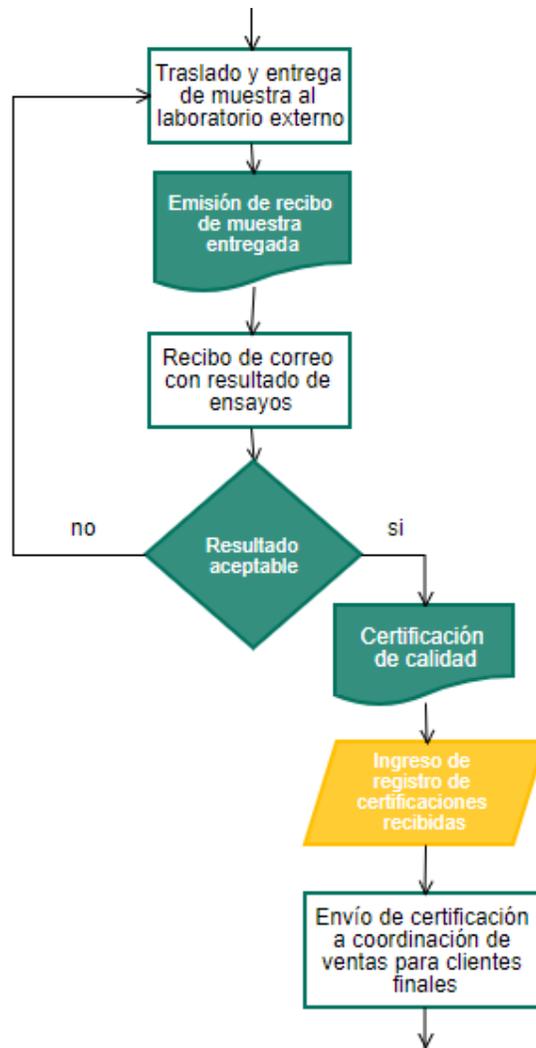
**Fuente:** Elaboración Propia

*Figura 36. Diagrama de flujo propuesta de proceso 1, parte 3*

La tercera parte del proceso se muestra en la Figura 36, posterior a la identificación de la muestra realizada por el Técnico de campo, se encuentra el tercer punto de decisión, en donde se debe de establecer si hay más muestras por tomar, si es así, el Técnico de campo debe trasladarse al centro de producción, tomar la muestra, emitir el recibo, rotular la muestra y repetir el ciclo hasta que haya recolectado todas las muestras del día.

Cuando la toma de muestras ha finalizado, se encuentra un nuevo punto de decisión en donde se decide si la muestra fue tomada para un ensayo de calidad interno o para la ejecución de un ensayo de calidad a nivel externo.

○



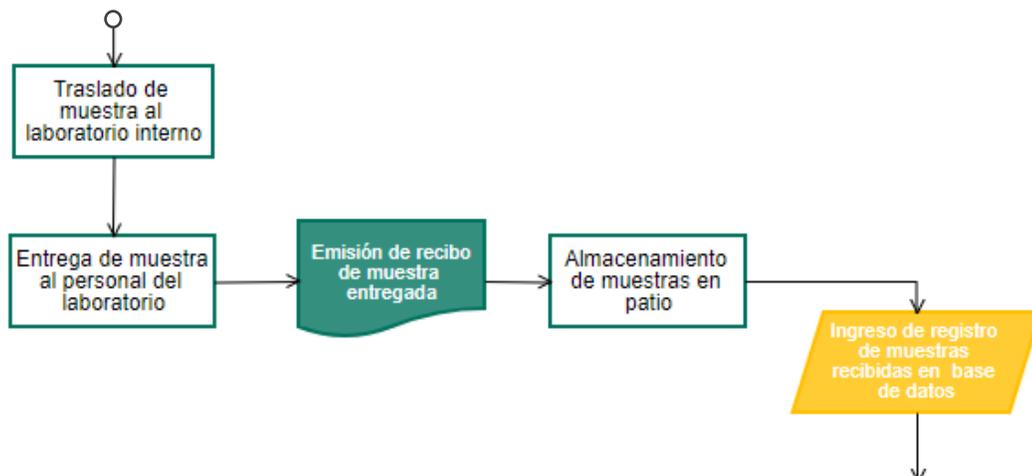
**Fuente:** Elaboración Propia

*Figura 37. Diagrama de flujo propuesta de proceso 1, parte 4*

Como se muestra en la Figura 37, si el caso corresponde a un ensayo de calidad externo el Técnico de campo de la toma de muestra deberá hacerse responsable de trasladar la muestra al laboratorio de calidad externo especificado en el plan de muestreo, en donde, al entregar la muestra deberá emitir un nuevo recibo con el fin de comprobar que la muestra ha sido entregada, esta deberá ser firmada por el Técnico de campo y por la persona que recibió la muestra en el laboratorio externo. En este punto se debe de evaluar si los resultados del ensayo son aceptables o no, en caso de no serlo el Técnico se deberá trasladar nuevamente al laboratorio externo a entregar una muestra nueva para que el ensayo sea

ejecutado nuevamente, cuando el resultado sea aceptable se emitirá el certificado de calidad.

Una vez recibido el certificado, el Coordinador de Calidad ingresa el registro de certificaciones recibidas en la base de datos para posteriormente enviar la certificación la coordinación de ventas quien la entrega a los clientes finales que las solicitan y de esta manera finaliza el proceso para el control de calidad externo.



**Fuente:** Elaboración Propia

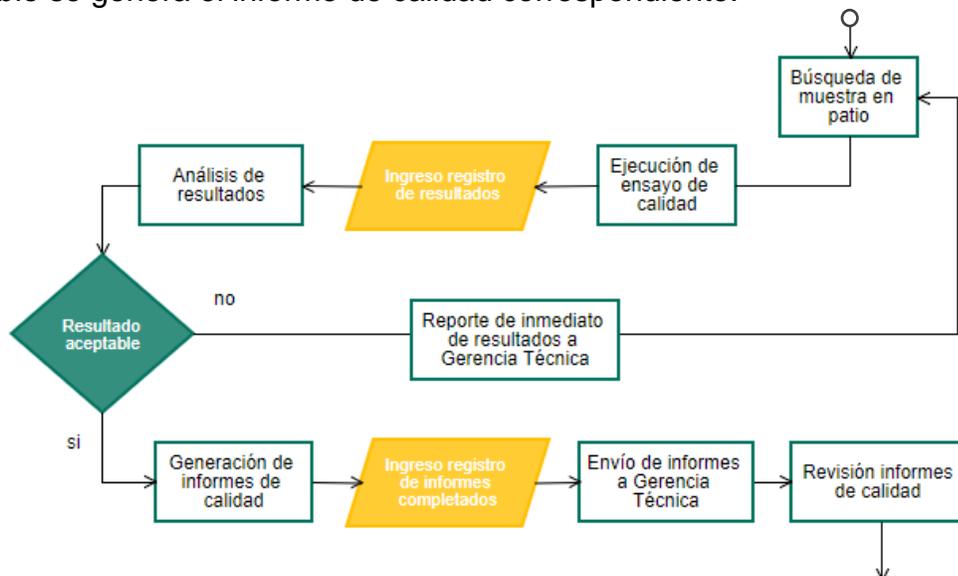
*Figura 38. Diagrama de flujo propuesta de proceso 1, parte 5*

Como se presenta en la Figura 38, en caso de que la muestra tomada sea para la ejecución de ensayos de calidad internos, el Técnico de campo deberá de dirigirse al laboratorio interno de la empresa para que las muestras sean entregadas al personal del laboratorio, con la entrega se deberá emitir un recibo con el fin de comprobar que la muestra fue entregada, el recibo debe ser firmado por el Técnico de campo y por el técnico del laboratorio que recibe la muestra. Posteriormente, los técnicos procederán a almacenar la muestra e ingresarán a la base de datos el registro de la muestra recibida, cada muestra permanecerá en el patio hasta la fecha en donde la plantilla indique que debe ejecutarse el ensayo de calidad.

Como se muestra en la Figura 39, cuando llega el día de ejecución del ensayo, los técnicos de laboratorio proceden a buscar la muestra para posteriormente

ejecutar los ensayos de calidad solicitados. Finalizado el ensayo, el técnico registrará los resultados en un registro físico e ingresará de forma inmediata dicha información en la base de datos ya utilizada por la empresa para dicho fin.

Una vez que los resultados se encuentren listos, el coordinador de calidad se verá en la tarea de analizar estos resultados con el fin de detectar cualquier anomalía, en caso de que el resultado no sea aceptable se deberá reportar inmediatamente los resultados a la Gerencia Técnica y para posteriormente tomar una muestra del patio para ejecutar nuevamente el muestreo, de ser un resultado aceptable se genera el informe de calidad correspondiente.

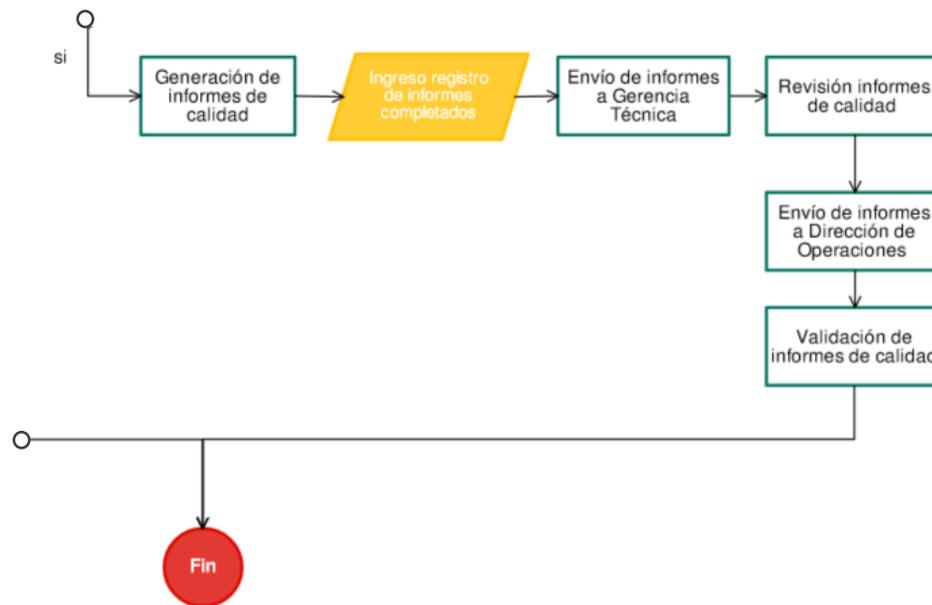


**Fuente:** Elaboración Propia

*Figura 39. Diagrama de flujo propuesta de proceso 1, parte 6*

Finalmente, la Figura 40 muestra la última parte del diagrama de flujo del primer proceso propuesto, en donde posterior al análisis de los resultados, el Coordinador de Calidad procede a generar los informes de calidad internos, los cuales deben de ser resgistrados a la base de datos antes de ser enviados al Gerente técnico de la empresa. Es importante recalcar que el Coordinador de calidad tiene la responsabilidad de mantener actualizado el registro de informes realizados y enviados con el fin de que el Gerente Técnico, pueda monitorear desde

el software el cumplimiento de los indicadores propuestos en la plantilla de planificación de la muestra.



**Fuente:** Elaboración Propia

*Figura 40. Diagrama de flujo propuesta de proceso 1, parte 7*

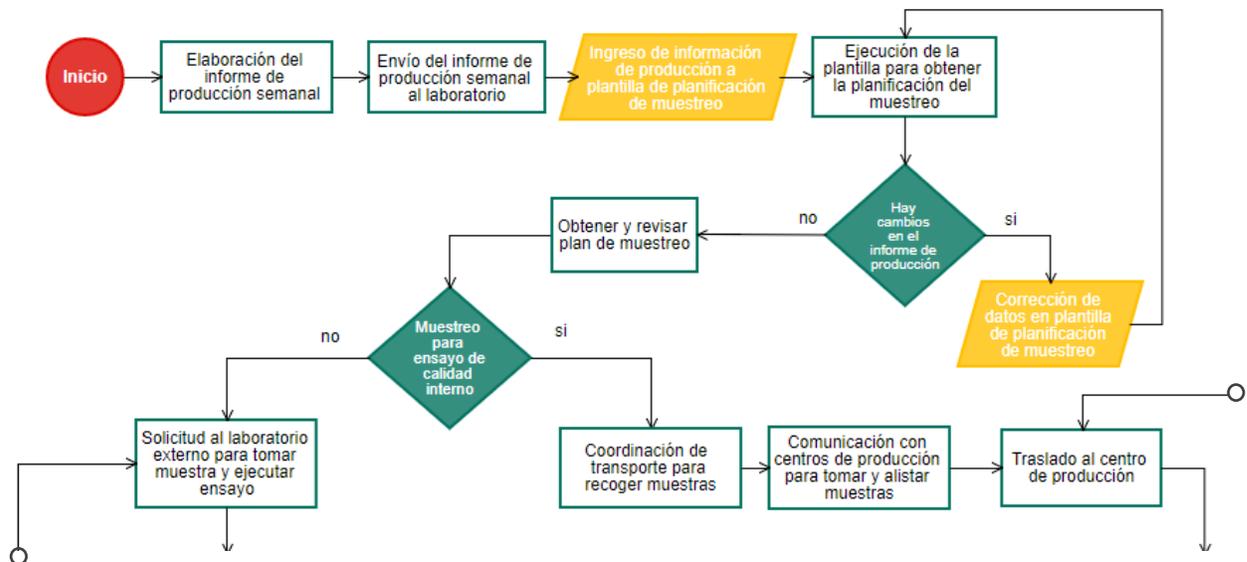
El envío de los informes se da vía correo electrónico, una vez recibidos, el Gerente de calidad procede a revisarlos para el monitoreo de la calidad de los productos. Finalmente se cuenta con la validación de informes de calidad por parte del Director de Operaciones, actividad con la que se da fin al primer proceso propuesto en este Proyecto. El diagrama de flujo completo de esta propuesta se puede visualizar en el Apéndice 10 localizado al final de este documento.

- **Propuesta de proceso 2 (Escenario bajo condiciones de restricción planteadas por la empresa)**

Como se mostró en el Cuadro No. 39. *Comparación de recursos y características de cada escenario*, los escenarios en los cuales se basan ambas propuestas de proceso presentan características similares, sin embargo difieren en ciertos aspectos como lo son los recursos propuestos para la toma de muestras y el traslado de las mismas.

El manejo e integración de estas variantes de recursos hace necesaria el diseño de dos procesos distintos, razón por la cual se diseñó la siguiente propuesta.

Al igual que en la propuesta de proceso número 1 a continuación se presenta el diagrama de flujo que describe la arquitectura de la propuesta número 2, la cual corresponde al proceso diseñado bajo las condiciones de restricción planteadas por la empresa.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 41. Diagrama de flujo propuesta de proceso 2, parte 1

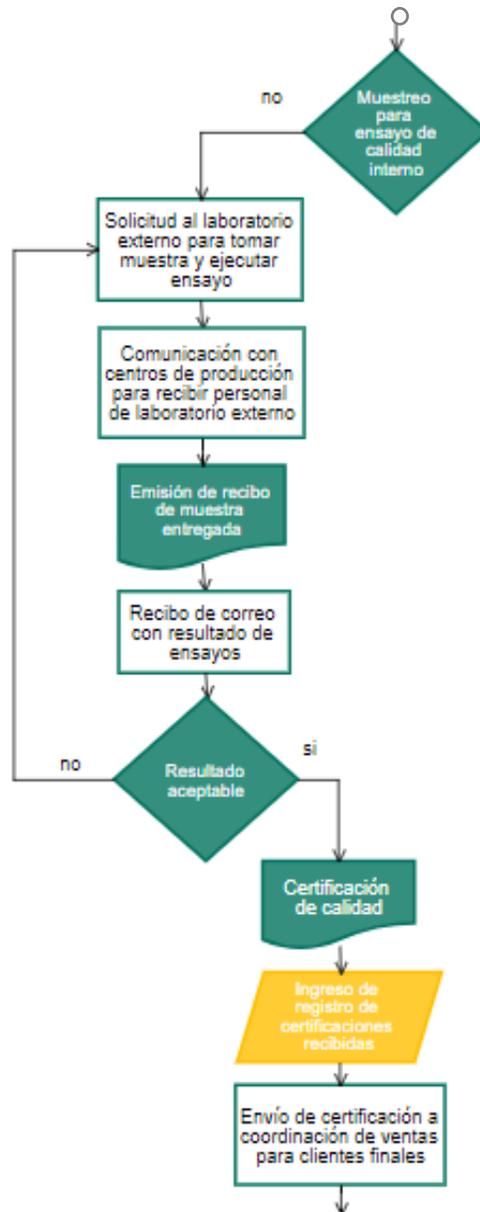
La Figura 41 muestra la primera parte del diagrama de flujo de esta propuesta, la cual comienza de la misma manera que la propuesta anterior. El proceso inicia con la elaboración y el envío del informe de producción semanal por parte del Supervisor de Producción, para que luego el Coordinador de Calidad ingrese la información de producción a la plantilla, la ejecute y obtenga la planificación del muestreo semanal.

El Supervisor de Producción se encarga de comunicar si existen cambios en la producción para que el Coordinador de Calidad realice la corrección de los datos en

la plantilla y se genere el plan de muestreo oficial. Una vez obtenido el plan de muestreo oficial surge el primer punto de decisión, en donde decide si la muestra a tomar es para un ensayo de calidad interno o si por el contrario es para la ejecución de un ensayo de calidad a nivel externo.

En caso de que la muestra sea para un ensayo de calidad a nivel externo el Coordinador de calidad deberá de solicitar al laboratorio externo que realice la toma de la muestra en el centro de producción correspondiente además de la ejecución del ensayo, una vez realizada esta solicitud el Coordinador se comunicará con el centro de producción para que este autorice la entrada del laboratorio externo a la planta para la toma de la muestra. Una vez que el encargado asignado en la planta entregada la muestra, deberá emitir el recibo de entrega de muestra para su posterior respaldo.

Una vez recibido el correo con los resultados del ensayo se debe de evaluar si los resultados del ensayo son aceptables o no, en caso de no serlo el Técnico se deberá trasladar nuevamente al laboratorio externo a entregar una muestra nueva para que el ensayo sea ejecutado nuevamente, cuando el resultado sea aceptable se emitirá el certificado de calidad, el Coordinador de Calidad deberá ingresar el registro de certificaciones recibidas en la base de datos para posteriormente enviar la certificación la coordinación de ventas quien la entrega a los clientes finales que las solicitan y de esta manera finaliza el proceso para el control de calidad externo.

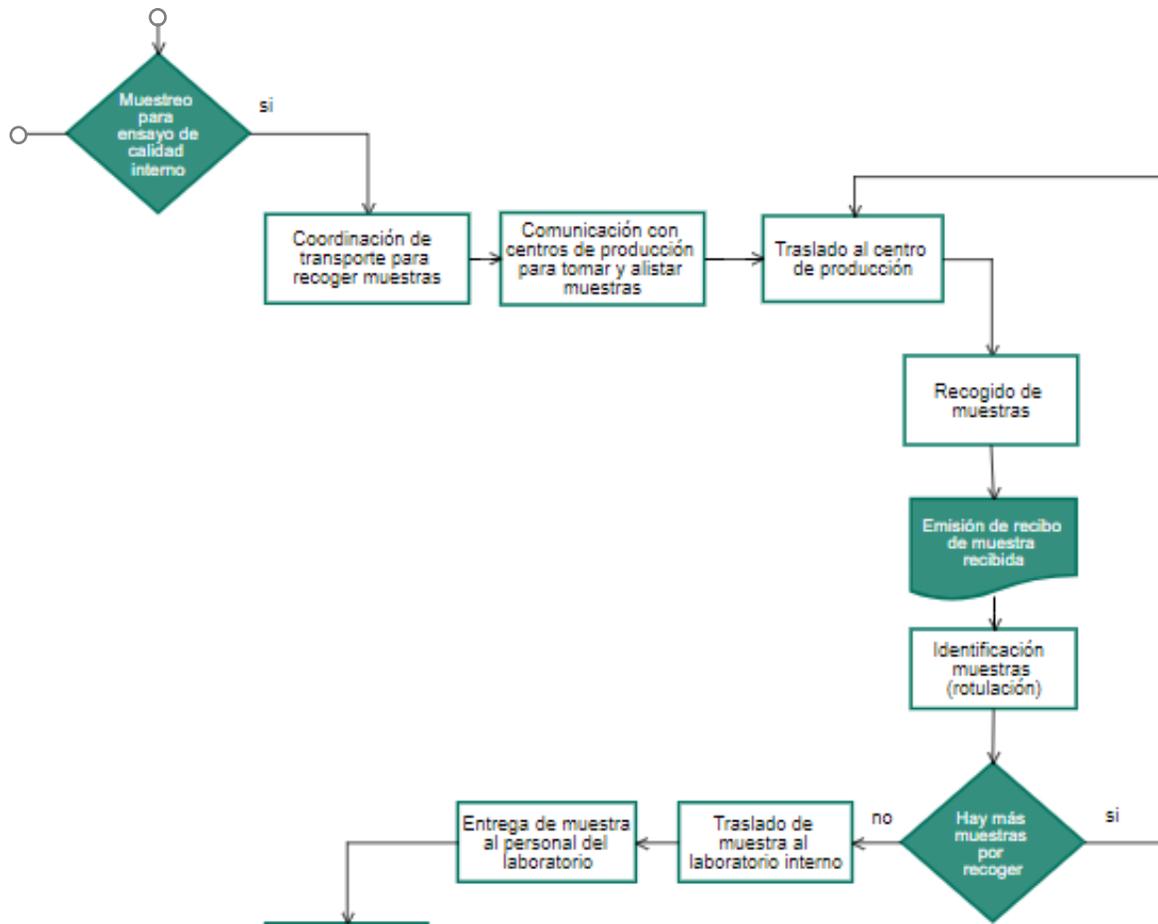


**Fuente:** Elaboración Propia

*Figura 42. Diagrama de flujo propuesta de proceso 2, parte 3*

En caso de que el muestreo de calidad sea para ensayos de calidad internos es responsabilidad del Coordinador de Calidad realizar la coordinación del transporte para que se recojan las muestras, por lo tanto, deberá también comunicarse con el centro de producción para que el operario encargado tome la muestra y la tenga lista para que pasen por ella. El vehículo coordinado se debe

trasladar al centro de producción, recoger la muestra y proceder a identificar la misma por medio de una rotulación, como se muestra en la Figura 43.

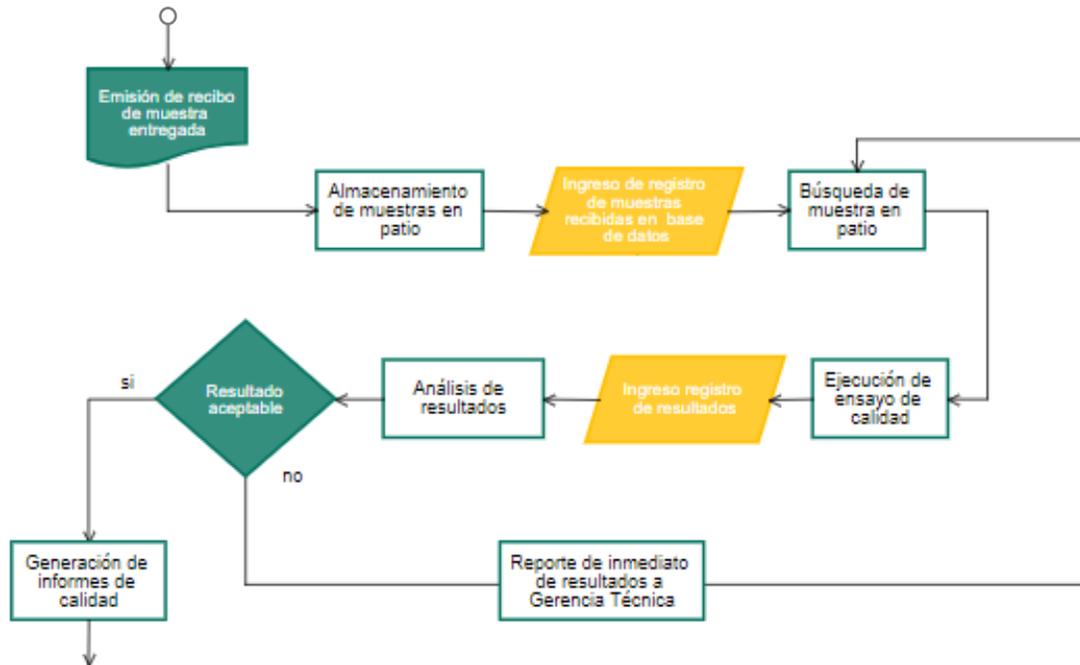


**Fuente:** Elaboración Propia

*Figura 43. Diagrama de flujo propuesta de proceso 2, parte 4*

Una vez que las muestras fueron rotuladas, la persona que recoge la muestra debe de valora si debe recoger otra muestra, si es así deberá repetir el proceso hasta haber recogido todas las muestras para trasladarlas al laboratorio interno de la empresa. Ahí, las muestras son entregadas al personal del laboratorio, en donde el Encargado de las muestras deberá emitir un recibo con el fin de comprobar que la muestra fue entregada, el recibo debe ser firmado por el Encargado y por el técnico del laboratorio que recibe la muestra.

Posterior a esto los técnicos procederán a almacenar la muestra e ingresarán a la base de datos el registro de la muestra recibida, cada muestra permanecerá en el patio hasta la fecha en donde la plantilla indique que debe ejecutarse el ensayo de calidad, como se muestra en la Figura 44.



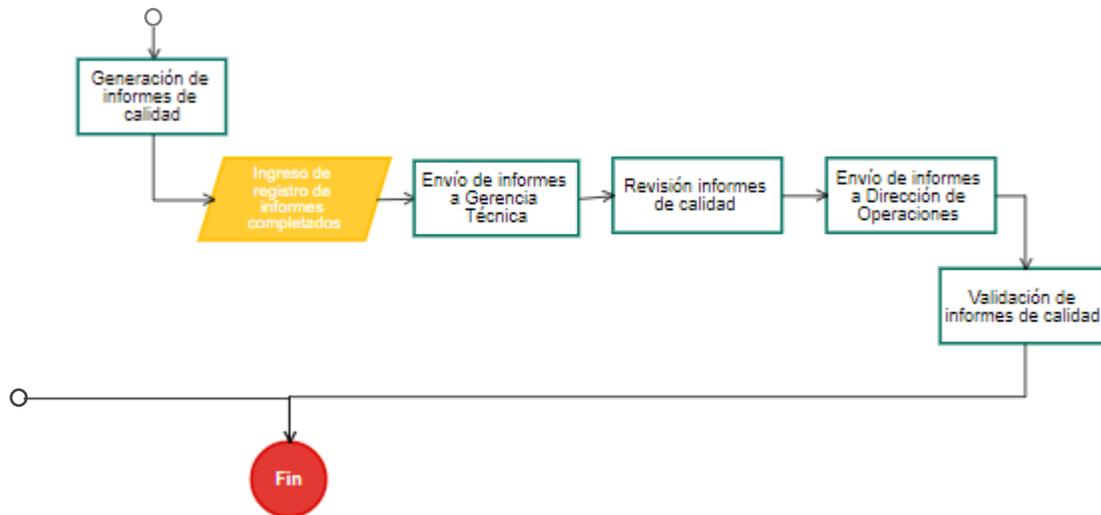
**Fuente:** Elaboración Propia

*Figura 44. Diagrama de flujo propuesta de proceso 2, parte 5*

Cuando llega el día de ejecución del ensayo, los técnicos de laboratorio proceden a buscar la muestra para posteriormente ejecutar los ensayos de calidad solicitados. Finalizado el ensayo, el técnico registrará los resultados en un registro físico e ingresará de forma inmediata dicha información en la base de datos ya utilizada por la empresa para dicho fin.

Finalmente, como se muestra en la Figura 45, Una vez que los resultados se encuentren listos, el coordinador de calidad se verá en la tarea de analizar estos resultados con el fin de detectar cualquier anomalía, en caso de que el resultado no sea aceptable se deberá reportar inmediatamente los resultados a la Gerencia Técnica y para posteriormente tomar una muestra del patio para ejecutar

nuevamente el muestreo, de ser un resultado aceptable se genera el informe de calidad correspondiente.



**Fuente:** Elaboración Propia

*Figura 45. Diagrama de flujo propuesta de proceso 2, parte 6*

Una vez generados los informes de calidad internos deben de ser resgistrados a la base de datos antes de ser enviados al Gerente técnico de la empresa El envío de los informes se da vía correo electrónico, una vez recibidos, el Gerente de calidad procede a revisarlos para el monitoreo de la calidad de los productos.

Finalmente se cuenta con la validación de informes de calidad por parte del Director de Operaciones, actividad con la que se da fin al primer proceso propuesto en este Proyecto. El diagrama de flujo completo de esta propuesta se puede visualizar en el Apéndice 11 localizado al final de este documento.

Finalmente, se considera importante aclarar que en este Proyecto se excluyen los manuales de procedimiento para la ejecución de ensayos de laboratorio y toma de muestra pues como ya fue mencionado estas se basan en las normas técnicas citadas anteriormente (ver Cuadro No. 33). Aunado a esto, la empresa cuenta con total disposición de consulta de estas normas tanto física como digitalmente por lo cual se consideró que la creación y exposición de dichos procedimientos proveería un enfoque al objetivo real del proyecto.

## **D. Análisis económico de las propuestas**

El análisis económico de este proyecto permitirá comparar bajo una perspectiva financiera las dos alternativas de proceso diseñadas para la correcta ejecución del control de calidad de Pedregal.

Es importante aclarar que para este análisis se presenta una limitación al alcance dado a que no se obtuvieron suficientes datos<sup>27</sup> de contención por parte de la empresa. El Gerente Técnico indica que el costo de las quejas corresponde aproximadamente al 1% de las ventas anuales, por lo que el beneficio generado por el ahorro en quejas<sup>28</sup> no es relevante en el estudio. Por ende, dado a que los beneficios que generaría la implementación de una de estas propuestas son difíciles de cuantificar se opta por desarrollar un análisis económico bajo un esquema de comparación de costo entre ambas propuestas.

Este análisis comparativo se desarrolla calculando el valor del costo actual (VAC) de ambas propuestas en un periodo de 5 años, y su costo anual equivalente (CAE) para lo cual se detallan primeramente los costos de cada propuesta considerando los recursos involucrados para el adecuado funcionamiento de cada una de estas.

### **1. Costos totales de las propuestas de proceso**

En este apartado se detallarán los costos totales de cada una de las propuestas de proceso diseñadas en este capítulo. Primeramente, se detallarán los costos de la propuesta número uno, propuesta basada en un escenario ideal y posteriormente se presentarán los costos asociados a la propuesta número dos, basada en las condiciones de restricción planteadas por la empresa.

---

<sup>27</sup> La empresa no accedió a brindar información sobre sus ingresos anuales, ni cuenta con registros completos sobre quejas internas y demás costos de reproceso necesarios para el cálculo del ahorro que la implementación de una de las propuestas de este proyecto podría generar.

<sup>28</sup> Según los registros de quejas externas existentes, correspondientes al 2016, los ahorros en costos de quejas anualmente corresponden a ₡ 2.581.900

## 1.1. Costo de la propuesta 1

Para obtener el costo total de implementación de la propuesta número 1 es necesario contemplar todos los nuevos recursos que esta implica, como fue mencionado en el apartado C de este capítulo, esta propuesta incurre en nuevos recursos como lo son, la adquisición de dos nuevos hornos de secado, un vehículo para el laboratorio y la contratación de un Técnico de campo encargado de la toma y el traslado de las muestras a los distintos laboratorios. A continuación, se desglosa de manera detallada el costo aproximado de cada recurso:

- **Costo de adquisición de horno de secado**

Según la evaluación realizada, para que el sistema de control de calidad pueda ejecutarse de manera adecuada con esta propuesta de proceso es necesaria la adquisición de dos nuevos hornos que permitan el secado de distintas muestras simultáneamente, de modo que se evite el atraso de ensayos por falta de equipo y se evite la variación en los resultados por el uso de equipo no recomendado por la normalización técnica vigente. A continuación, se presenta el cálculo del costo del horno para el secado de muestras.

- a) Costo del horno de secado

Para obtener un valor aproximado del costo de un horno de secado para las muestras de laboratorio se procedió a cotizar el horno en dos empresas nacionales dedicadas a la metrología y venta de equipo para laboratorios. Las cotizaciones se realizaron con base a dos especificaciones, temperatura y tamaño. La norma indica que el horno requerido en el laboratorio debe alcanzar una temperatura mínima de 110 °C y para la necesidad del laboratorio de la empresa se requiere que tenga una dimensión interna que ronde los 75 x 80 x 75 cm.

La primera cotización recibida corresponde a la entregada por ADATEC S.A, mostrada en la Figura 46 Este es un horno de laboratorio digital de acero inoxidable con dimensión interna de 123,5 x 119 x 145 cm a un precio de ₡4,590,960.00. Por

otra parte, se encuentra la segunda cotización, mostrada en la Figura 47. Cotización 2 para horno de secado por parte de SCM Metrología y Laboratorios, esta cotización corresponde a un horno de laboratorio con sistema de control digital PID, de acero inoxidable y con dimensiones internas de 140 x 89 x 57 cm a un precio de \$ 5,212.35<sup>29</sup>.

		<b>Metrología ADATEC S.A.</b> Cédula jurídica No. 3-101-210699 Apdo.: (P.O. Box): 746-3000 Tel Fax : (506) 2268-3098 Emails : ventas@adatec.co.cr - info@adatec.co.cr 500 m Este Templo Católico, San Francisco San Isidro, Heredia, Costa Rica		Proforma <b>2900</b> Fecha <b>3/10/2017</b>	
<b>Cliente:</b> Corporacion Pedregal <b>Dirigido a:</b> Andres Ceciliano <b>Correo:</b> <a href="mailto:coordinadorcalidad@pedregal.co.cr">coordinadorcalidad@pedregal.co.cr</a>		<b>Teléfono:</b> 6055-8054 <b>Vigencia(días):</b> 20 <b>Vence:</b> 23/10/2017			
Distribuidor autorizado y especialistas en la marca de calidad:					
Atendiendo a su amable solicitud, pongo a disposición la oferta económica siguiente:					
LIN	CANTIDAD	CODIGO	DESCRIPCION	PRECIO	VALOR
1	1	10-D1398/Z	Horno de laboratorio digital 780 litros de acero inoxidable, convección forzada. 4000W; 220 V, 60 Hz, 3 ph. Conforme a EN 932-5, EN 1097-5, ASTM C127, ASTM C136. 1235 x 1180 x 1450 mm	€4,062,796.46	€4,062,796.46
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
				SUBTOTAL	€4,062,796.46
				DESCUENTO	
				SUBTOTAL	€4,062,796.46
				IMPUESTO	€528,163.54
				<b>TOTAL</b>	<b>€4,590,960.00</b>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Desc. Exonera Impuesto 13% Paga Impuesto * Monto en letras CUATRO MILLONES QUINIENTOS NOVENTA MIL NOVECIENTOS SESENTA COLONES con 00/100 CENT.</p> <p><b>Condiciones Generales</b>            Forma de pago: Transferencia, efectivo o tarjeta.            Condiciones de pago: 60 % contra pedido, 40% contra entrega  <b>Despacho de mercancía: de 50 a 60 días hábiles</b>  <b>Depósitos a:</b>            Metrología ADATEC S.A.            Banco Nacional de Costa Rica            Cuenta corriente dólares : 100-02-080-601442-0            Cuenta cliente dólares: 15108010026014425            Cuenta corriente colones 100-01-080-005089-1            Cuenta cliente colones: 15108010010050896</p> </div>					
				Realizada por:  <b>Ing. Erick Lobo</b>	

Fuente: ADATEC S.A

Figura 46. Cotización 1 para horno de secado

<sup>29</sup> ₡ 2,843,128.431 según tipo de cambio consultado al Banco Central de Costa Rica el 4 de octubre del 2017



## Presupuesto SO15693

Proforma Fecha: 06-Oct-2017

**Cliente:** BLOQUES PEDREGAL S.A  
Tel. 2298-4242

**Destino:** BLOQUES PEDREGAL S.A  
Tel. 2298-4242

**Facturar a:** BLOQUES PEDREGAL S.A  
Tel. 2298-4242

<b>Transporte:</b>	Por SCM	<b>Incoterms:</b>	DELIVERED DUTY PAID
<b>Válido hasta:</b>	15-Nov-2017	<b>Términos de pago:</b>	100 % Adelanto
<b>Tiempo estimado de entrega:</b>	6 a 8 Semana(s)	<b>Nota:</b>	El tiempo de entrega final se estimará al momento de recibir una Orden de Compra.

Tenemos el gusto de cotizar los siguientes productos:

Ítem	Cantidad	Detalle	Precio unitario	Total
1	1	[UTD-1315] Horno para Laboratorio (U-Test) Horno de laboratorio, 700 litros de capacidad, ambiente a 250 ° C, sistema de control digital PID, protección contra sobrettemperatura, ventilador circulado, interior de acero inoxidable, exterior pintado electrostáticamente, aislamiento de pared doble, junta de una sola puerta, elementos calefactores diseñados en canales de aire pcs. Estantes ajustables. 380V, 50Hz, 3 fases. Dimensiones Internas: 1400x890x570 mm. Dimensiones Externas: 1600x1130x770 mm	\$ 4.595,00	\$ 4.595,00
2	1	Servicio adicional de entrega	\$ 20,00	\$ 20,00
<b>Subtotal</b>			\$ 4.615,00	
<b>Impuestos</b>			\$ 597,35	
<b>TOTAL</b>			\$ 5.212,35	

**Fuente:** SCM Metrología y Laboratorios

*Figura 47. Cotización 2 para horno de secado*

Dado a que ambas opciones cumplen con las especificaciones requeridas para satisfacer la necesidad del laboratorio se toma la decisión de seleccionar el horno de menor precio para trabajar el cálculo del costo de la propuesta, es decir, se selecciona el horno de secado de la cotización número 2. El costo total de los dos hornos de secado se detalla a continuación en el Cuadro No. 40.

*Cuadro No. 40. Costo total para dos hornos de secado*

Costos horno de secado	
Precio del horno	₡ 2.843.128,43
Costo de los dos hornos	₡ 5.686.256,86

**Fuente:** Elaboración propia

- **Costo contratación de Técnico de campo**

Para conocer el costo aproximado de contar con un Técnico de campo encargado de la toma y traslado de muestras y de dar soporte en la ejecución de ensayos del laboratorio de calidad de la empresa, se procedió a calcular el salario aproximado del puesto. La Figura 48 muestra el salario mínimo de un técnico de educación superior estipulado por el Ministerio de trabajo y seguridad social de Costa Rica.

Ocupación	Siglas	Año 2017 *
Técnico de educación superior*	TEdS	₡ 428.138,90

**Fuente:** Ministerio de trabajo y seguridad social de Costa Rica

*Figura 48. Salario mínimo para un Técnico de educación superior*

A partir del salario mínimo estipulado por ley, se procede a calcular el salario total considerando el aporte de cargas sociales. En una entrevista realizada al Gerente de Recursos humanos se conoció que la empresa cumple con un aporte de 48,3% por cargas sociales, el cual corresponde a un 36,17% de aporte a la Caja Costarricense del seguro social, un 8,33% correspondiente a aguinaldo y un 3,85% correspondiente a vacaciones.

En el Cuadro No. 41 se muestra el cálculo del salario en donde se obtuvo que el costo aproximado de contar con un Técnico de campo es de ₡635.144,06 mensual, es decir ₡7.621.729.

*Cuadro No. 41. Cálculo del costo del Técnico de campo*

Costos Técnico de campo	
Salario bruto	₡ 428.138,90
Aporte CCSS 36,17%	₡ 154.857,84
Aguinaldo 8,33%	₡ 35.663,97
Vacaciones 3,85%	₡ 16.483,35
<b>Total mensual</b>	<b>₡ 635.144,06</b>
<b>Total anual</b>	<b>₡7.621.729</b>

**Fuente:** Elaboración propia

- **Costo de vehículo para traslado de muestras**

En este apartado se calcula el costo del recurso de transporte propuesto bajo el escenario ideal. Debido a que actualmente la flotilla de vehículos manejada por la compañía es alquilada, se procede a calcular el costo mensual de alquiler del vehículo necesario para el transporte de las muestras.

Las empresas Quebradores Pedregal y Bloques Pedregal (empresas para las cuales se desarrolla este proyecto) alquilarían el vehículo a la empresa SAPSA (Servicios y Acarreos Pedregal), como lo hacen actualmente con los vehículos de sus flotillas.

En la visita realizada a la oficina de servicios y acarreo de la empresa (SAPSA) se logró estimar el costo de alquiler de un vehículo que se ajusta a las necesidades del laboratorio. Este corresponde a un camión liviano Kia Bongo el cual tiene un costo de alquiler mensual de \$750<sup>30</sup> según lo calculado por esta empresa de la compañía.

Cabe destacar que al ser este un servicio arrendado no se requiere calcular el costo de mantenimiento ni la depreciación del recurso, solamente se incluye el costo de la gasolina aportada para su uso, según lo establecido por SAPSA con base en el aporte de gasolina que se les realiza a los demás vehículos utilizados por la empresa actualmente. El desglose de esta información se presenta a continuación en el Cuadro No. 42

*Cuadro No. 42. Cálculo del costo del vehículo para el traslado de muestras*

<b>Costo del vehículo para traslado de muestras</b>		
	<b>Mensual</b>	<b>Anual</b>
Alquiler mensual	¢431.595,00	¢5.179.140,00
Gasolina	¢ 160.000,00	¢1.920.000,00
<b>Total</b>	<b>¢591.595</b>	<b>¢7.099.140</b>

**Fuente:** Elaboración propia

<sup>30</sup> ¢ 575,46 según el tipo de cambio consultado al Banco Central de Costa Rica el 4 de octubre del 2017

Como puede observarse en el Cuadro No. 42 el costo anual del alquiler y gasolina del vehículo convertido a moneda nacional corresponde a **₡7.099.140**.

## **1.2. Costos propuesta 2**

El costo de la propuesta número dos al igual que la propuesta uno se basa en el cálculo del costo de los recursos que esta propuesta involucra. En este caso se incluye el costo de los hornos de secado, el costo de asignación y capacitación de dos operarios por planta para la toma de muestras y el costo de la contratación del servicio de transporte al laboratorio externo, el cálculo de dichos costos se muestra detalladamente a continuación:

- **Costo horno de secado**

Dado a que la adquisición de los hornos de secado para el laboratorio son una necesidad inevitable para que este pueda realizar los muestreos requeridos con la nueva planificación, en ambas propuestas de proceso se plantea la compra del mismo equipo, por lo tanto, en este caso se utilizará el mismo costo calculado en la propuesta anterior, es decir un costo de ₡ 5.686.256,86 por la compra del horno con la cotización 2.

- **Costo de capacitación**

Para este proceso se propone la asignación y capacitación de un operario de cada planta para que este se encargue de la toma de muestras en su centro de producción. Esta capacitación debe ser realizada por el Coordinador de Calidad del laboratorio de control de calidad de la empresa.

Dado a que se cuenta con 10 centros de producción por capacitar (excluyendo el centro de producción Belén, que cuenta con Técnicos certificados) se procede a calcular el costo de un día de trabajo del Coordinador de Calidad (para trasladarse al sitio e impartir la capacitación) y el costo de 2 horas de trabajo de un operador (para recibir la capacitación).

Según el Ministerio de trabajo y seguridad social de Costa Rica un operario de maquinaria pesada cuenta con un salario mínimo de ₡10.877,41 diarios y según la planilla de la empresa el Coordinador de calidad recibe un salario bruto de aproximadamente ₡950.000,00, considerando las cargas sociales para ambos casos se procede a calcular el costo aproximado del día de trabajo del Coordinador de Calidad y el costo aproximado de 2 horas de trabajo del Operario, tal y como se muestra en el Cuadro No. 43.

*Cuadro No. 43. Cálculo del costo de capacitación sobre el salario*

Salario Coordinador de calidad		Salario Operario	
Salario bruto mensual	₡ 950.000,00	Día de trabajo	₡ 10.877,41
Aporte CCSS 36,17%	₡ 343.615,00	Aporte CCSS 36,17%	₡ 3.934,36
Aguinaldo 8,33%	₡ 79.135,00	Aguinaldo 8,33%	₡ 906,09
Vacaciones 3,85%	₡ 36.575,00	Vacaciones 3,85%	₡ 418,78
<b>Total</b>	<b>₡ 1.409.325,00</b>	<b>Total</b>	<b>₡ 16.136,64</b>
Diario	₡ 58.721,88	2 horas	₡ 4.034,16

**Fuente:** Elaboración propia

Considerando el costo en salarios de un día para realizar la capacitación, se procede a calcular el costo total de la capacitación, considerando el costo de los viáticos aportados al Coordinador de calidad y multiplicando el costo de una capacitación por los 10 centros de producción que requieren que al menos dos Operarios sean capacitados. Estos cálculos se muestran a continuación en el Cuadro No. 44.

*Cuadro No. 44. Cálculo del costo de capacitación*

Costos de capacitación	
1 día de sueldo del Coordinador de calidad	₡ 58.721,88
Viáticos	₡ 7.500,00
2 horas de capacitación para dos operadores	₡ 8.068,32
Total por capacitación	₡ 74.290,19
Total por todos los Centros de Producción	<b>₡ 742.901,94</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Por tanto, el costo total de la capacitación de los 10 operarios de los distintos centros de producción es de aproximadamente ₡742.901,94.

- **Costo pago de transporte de laboratorio externo**

Debido a que el alquiler de un vehículo para el uso interno del laboratorio no se encuentra entre las condiciones establecidas por la empresa, en esta propuesta se plantea la coordinación del transporte disponible para lo que corresponde a toma de muestras para ensayos de calidad internos y en cuanto a los ensayos a nivel externo se plantea la contratación del traslado de las muestras por parte del laboratorio externo que realizará dichos análisis.

Para realizar el cálculo del costo de esta contratación se procedió a cotizar a LGC (laboratorio externo con el cual trabaja Pedregal) el costo del transporte de sus especialistas a los centros de producción para recoger las muestras de los ensayos que van a realizar. Los costos de transporte para las muestras varían dependiendo del sitio o centro de producción, estos se desglosan en el Cuadro No. 45 mostrado a continuación:

*Cuadro No. 45. Cotización de transporte externo*

Sitio	Transporte	Muestreo agregados por año	Costo transporte de muestras anual	Muestras BAC por año	Costo ensayo BAC anual	TOTAL
CP Liberia	₡ 45.000,00	2	₡ 90.000,00	0	₡ -	₡ 90.000,00
CP Nicoya	₡ 48.000,00	2	₡ 96.000,00	6	₡ 288.000,00	₡ 384.000,00
CP Aranjuez	₡ 32.000,00	2	₡ 64.000,00	0	₡ -	₡ 64.000,00
CP Esparza	₡ 39.500,00	2	₡ 79.000,00	6	₡ 237.000,00	₡ 316.000,00
CP Orotina	₡ 52.500,00	2	₡ 105.000,00	0	₡ -	₡ 105.000,00
CP San Carlos	₡ 94.000,00	2	₡ 188.000,00	6	₡ 564.000,00	₡ 752.000,00
CP Belén	₡ 42.500,00	2	₡ 85.000,00	12	₡ 510.000,00	₡ 595.000,00
CP Guápiles	₡ 54.000,00	2	₡ 108.000,00	6	₡ 324.000,00	₡ 432.000,00
CP Limón	₡ 90.000,00	2	₡ 180.000,00	0	₡ -	₡ 180.000,00
CP Pérez Zeledón	₡ 78.000,00	2	₡ 156.000,00	0	₡ -	₡ 156.000,00
CP Río Claro	₡ 151.500,00	2	₡ 303.000,00	0	₡ -	₡ 303.000,00

**3.377.000,00**

**Fuente:** Elaboración propia con base en cotización realizada a LGC Ingeniería de Pavimentos S.A.

## 2. Cálculo de VAC y CAE para cada propuesta

Para el desarrollo del análisis se procedió a calcular los costos de cada propuesta proyectados por un periodo de 5 años para posteriormente trasladar estos costos al valor presente por medio del cálculo del valor actual neto (VAN) con este cálculo se procedió a obtener el valor del costo actual (VA) y el costo anual equivalente (CAE) en cada propuesta. Para obtener estos indicadores y calcular los costos proyectados fue necesario incluir el valor del dinero en el tiempo y la tasa de descuento a utilizar para el cálculo del valor actual neto de cada propuesta. La determinación de cada uno de estos elementos se detalla a continuación:

- **Tasa de descuento**

Debido a que la empresa no facilitó la información necesaria<sup>31</sup> para el cálculo de la tasa de descuento se decide estimar la misma utilizando la tasa básica pasiva correspondiente al promedio de las colocaciones de los bancos a seis meses plazo<sup>32</sup>. Según los Certificados de depósito a plazo en colones del Banco Nacional de Costa Rica (entidad financiera con la cual trabaja la empresa Pedregal) la tasa básica pasiva corresponde a un 6,70% como se muestra en la Figura 49:

Captación a plazo (CDP) Físico	Colones
Plazo	tasa bruta
DE 30 A 59 DIAS	4.00%
DE 60 A 89 DIAS	4.90%
DE 90 A 119 DIAS	6.00%
DE 120 A 149 DIAS	6.25%
DE 150 a 179 DIAS	6.50%
DE 180 A 209 DIAS	6.70%
DE 210 A 239 DIAS	6.95%
DE 240 A 269 DIAS	7.20%
DE 270 A 359 DIAS	7.40%
DE 360 A 539 DIAS	7.90%
DE 540 A 719 DIAS	7.95%
DE 720 A 1079 DIAS	8.00%
DE 1080 A 1439 DIAS	8.05%

**Fuente:** Banco Nacional de Costa Rica.

*Figura 49. Certificados de Depósito a Plazo en colones, Banco Nacional de Costa Rica*

<sup>31</sup> Utilidades netas percibidas anualmente

<sup>32</sup> Tasa utilizada bajo recomendación del experto, MBA. Alexander Villegas Rojas, contador público.

Por tanto, 6.70% será la tasa de descuento utilizada en el cálculo del VAN para cada propuesta.

- **Valor del dinero en el tiempo**

Con el fin de considerar el valor del dinero en el tiempo en los costos proyectados a 5 años, se procede a asignar un porcentaje de aumento anual en los flujos según corresponda para cada tipo de costo. En la propuesta 1, en el caso del salario para el Técnico de Campo, se incluye un aumento anual de 1,14% fijado para el sector privado según el Ministerio de Hacienda de Costa Rica. Para el caso del alquiler del vehículo se aplicó un aumento anual de aproximadamente 1,64% correspondiente a la inflación acumulada según lo establecido por el Banco Central de Costa Rica. Una vez incluidos estos aumentos se procede a calcular los indicadores (VAC y CAE) según el flujo establecido. Los resultados obtenidos para la propuesta 1 se muestran en el Apéndice 13 de este Proyecto.

Para la propuesta 2, en el caso de la contratación del traslado de muestras con el laboratorio externo se aplicó un aumento anual de aproximadamente 1,64% correspondiente a la inflación acumulada según lo establecido por el Banco Central de Costa Rica. Incluidos estos aumentos se procede calcular los indicadores ya mencionados. Los resultados obtenidos para la propuesta 2 se muestran en el Apéndice 14 del Proyecto.

Finalmente, con el fin de comparar los resultados obtenidos, en el Cuadro No. 46. Resumen de indicadores para cada propuesta se muestra el resumen de los indicadores obtenidos para cada propuesta.

*Cuadro No. 46. Resumen de indicadores para cada propuesta*

Indicador	Propuesta 1	Propuesta 2
VAC	₡ 68.126.442,43	₡ 20.822.502,85
CAE	₡ 16.482.160,40	₡ 5.037.689,03

**Fuente:** Elaboración propia

### 3. Discusión de resultados

Basado en los resultados mostrados en el Cuadro No. 46, puede concluirse que en términos de costos la propuesta 2 resulta ser más conveniente para la empresa, ya que la misma presenta un costo anual equivalente de ₡ 5.037.689,03, tres veces menor al CAE obtenido para la propuesta número 1.

En este punto es importante resaltar que a pesar de que el análisis económico fue realizado de manera comparativa entre las dos propuestas planteadas, existen varias características cualitativas no cuantificables que justifican la importancia de la implementación de una de estas propuestas en la empresa. Estas características cualitativas corresponden a todos aquellos riesgos asociados a la permanencia de la situación actual de la empresa por la incorrecta e ineficiente ejecución de su Sistema de control de calidad, tal y como se expone a continuación:

Entre los riesgos más relevantes se encuentra el **riesgo reputacional**. Considerando la magnitud y el renombre de una empresa como lo es Grupo Pedregal, el riesgo de perder clientes por quejas puede ser muy elevado si se considera la teoría de que un cliente no satisfecho con su producto puede expresar un mayor número de referencias negativas que el número de referencias positivas que un cliente satisfecho podría expresar.

Otro riesgo muy importante por considerar es el **riesgo económico** en el cual incurre la empresa por la liberación de producto sin las pruebas de calidad correspondientes. Visualizando esto desde el peor de los escenarios y tratándose de productos para la construcción, un evento en el cual se vean comprometidas o afectadas estructuras y/o vidas humanas podría causar pérdidas económicas muy importantes a la empresa o incluso el cierre forzado de sus operaciones en el peor de los casos.

Además, es importante considerar que a pesar de que el Sistema de Control de calidad de la empresa se basa en normas técnicas que no son de acatamiento

obligatorio<sup>33</sup>, el nivel y el prestigio con el que cuenta la empresa en el mercado nacional le obliga a cumplir con el compromiso de entregar a los clientes un producto de calidad. Esto no solamente para resguardar la seguridad y la satisfacción de sus clientes sino también para proveer la conformidad y fidelidad de los mismos.

Además de esto se debe de considerar el hecho de que la empresa participa constantemente en licitaciones a nivel nacional las cuales exigen certificaciones de calidad en todos los productos entregados. Considerando que el 11,3% de las ventas de esta empresa corresponden a licitaciones, la falta de un proceso que ejecute el Sistema de Control de Calidad y asegure la certificación de sus productos podría traer como consecuencia una disminución de este porcentaje.

Finalmente, otro aspecto importante por considerar es que, según datos históricos del 2015 y 2016, anualmente se generan en promedio 1279 informes de calidad, mientras bajo la nueva programación se generarían 3822 informes anualmente, es decir 2543 ensayos más de la cantidad actual. Esto se resume en un aumento de productividad de hasta un 66,53% y por ende un aprovechamiento muy importante en el recurso de mano de obra con que cuenta el laboratorio ya que, según el análisis de capacidad realizado, el personal actual tiene la capacidad de generar ese aumento en informes sin inconvenientes.

Es por estas razones que se concluye que a pesar de que no se logró estimar los posibles ingresos causados por la implementación de una de las propuestas de proceso diseñadas en este proyecto, existen suficientes razones por las cuales es posible justificar la importancia de optar por un nuevo proceso que permita a la empresa Grupo Pedregal llevar a cabo el control de calidad de sus productos de la manera deseada y requerida.

---

<sup>33</sup> Esta información fue consultada y verificada de manera directa en una visita realizada al Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, INTECO.

## **VI. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA**

### **A. Modelado y simulación del proceso**

Con el fin de conocer la eficiencia de las propuestas de proceso y su potencial de mejorar el control de calidad de la empresa se procede a desarrollar la modelación y simulación de ambas propuestas por medio del software Arena. Dichas modelaciones fueron desarrolladas con base en la estructura diseñada para ambas propuestas, considerando su flujo y todos los recursos involucrados en ambos escenarios.

#### **1. Modelado de las propuestas**

Para la modelación de estas propuestas fue necesario establecer distintos parámetros como lo fueron los tiempos de las actividades que conforman los procesos y las probabilidades de ocurrencia en los distintos puntos de decisión. A continuación, se detalla la forma en la que estos parámetros fueron definidos y como los mismos se incluyeron en el modelado de las propuestas.

- Estimación de tiempos

La mayoría de los tiempos de las actividades establecidas en cada modelo fueron estimados con base en criterio de experto<sup>34</sup>, esto debido a que algunas de las actividades incluidas en los modelos se desarrollan actualmente en la empresa por lo que se procedió a consultar el tiempo promedio de las mismas con el fin de establecer tiempos lo más similares posible a la realidad.

También, dentro de cada modelo se cuenta con nueve subprocesos, correspondientes a los 9 tipos de ensayos estandarizados y definidos en el inciso G del capítulo IV de este Proyecto. En este caso, para cada uno de estos subprocesos definidos se detallan los elementos y los tiempos estándar obtenidos en el estudio

---

<sup>34</sup> El criterio fue tomado por parte de distintos expertos dependiendo del tipo de actividad

de tiempos realizado en el capítulo IV (ver resultado de estudio de tiempos en Apéndice 12).

Por otra parte, es importante destacar que en el modelado de ambas propuestas se presentan casos en donde según los expertos una actividad puede presentar tiempos variables dependiendo de distintos factores<sup>35</sup> razón por la cual varias de las actividades fueron establecidas con tiempos con comportamientos de distribución triangular, como lo es el caso del traslado a los centros de producción, el cual presenta un tiempo probable de 2,5 horas, un tiempo máximo de 3 horas y un tiempo mínimo de 1 hora esto debido a la diferencia entre las distancias que existen entre los distintos centros de producción y el centro de producción principal en el cual se encuentra el laboratorio interno de la empresa.

- Estimación de probabilidades

Las probabilidades de ocurrencia en cada punto de decisión fueron estimadas a partir de distintos criterios, como lo son el criterio de experto y datos históricos de producción.

#### ✓ **Estimación de si la muestra es del CP Belén**

La primera decisión presentada en las modelaciones presenta un punto de en donde se debe de establecer si la muestra a ser tomada proviene de productos fabricados en el centro de producción de Belén con el fin de establecer si es necesario o no el traslado a otro centro de producción de la compañía. Para este caso se estimó un porcentaje bajo criterio de experto con un 60% de probabilidad de que la muestra que debe ser tomada provenga del CP Belén y por consiguiente un 40% de que provenga de otro sitio.

---

<sup>35</sup> La variación en los tiempos puede depender de factores como distancia entre centros de producción y laboratorios

✓ **Estimación de probabilidades de tomar más de una muestra**

En este caso la estimación de la probabilidad se basó en que actualmente se visitan 10 centros de producción distintos, sin embargo existen sitios que comparten una misma ruta debido a la cercanía entre los sitios, como lo es el caso de las rutas Rio Claro-Pérez Zeledón, Limón-Guápiles, Liberia-Nicoya y la ruta Esparza-Aranjuéz-Orotina, considerando lo anterior se puede concluir que existen 5 rutas distintas (1 ordinaria<sup>36</sup> y 4 múltiples) por lo cual la probabilidad de que se tome más de una muestra es igual a 80% (4 rutas múltiples / 5 rutas)

✓ **Estimación de probabilidades de si la muestra es para ensayo interno**

La segunda compuerta corresponde al punto de decisión sobre si la muestra es para ensayo de calidad interno o ensayo de calidad externo. Considerando que la planificación de la producción establece un total de 2132 ensayos internos y 378 ensayos externos anualmente se determina que la probabilidad de que la muestra tomada sea para desarrollar un ensayo interno es de 73%.

✓ **Estimación de probabilidades según tipo de producto**

Para el cálculo de estas probabilidades se procedió a consultar datos históricos de producción de los últimos dos años, con el fin de ver el comportamiento usual en años anteriores y con base en ello definir una probabilidad más puntual. En el Cuadro No. 47. *Registro de informes internos en agregados para los años 2015 y 2016*. se muestra el resumen del registro de informes internos en agregados para los años 2015 y 2016 y en el Cuadro No. 48 el resumen del registro informes interno en bloques, adoquines y complementos en estos mismos años.

---

<sup>36</sup> La única ruta ordinaria corresponde a la realizada al centro de producción San Carlos

Cuadro No. 47. Registro de informes internos en agregados para los años 2015 y 2016.

AGREGADOS					
Año	Mes	Fino	Grueso	Mixto	Total general
2015	1	24	8	4	36
	2	27	12	7	46
	3	44	20	3	67
	4	21	4	10	35
	5	26	5	2	33
	6	35	17	14	66
	7	55	26	15	96
	8	36	16	1	53
	9	69	13	0	82
	10	24	11	0	35
	11	21	4	3	28
	12	4	0	1	5
Total 2015		<b>386</b>	<b>136</b>	<b>60</b>	<b>582</b>
2016	1	41	4	1	46
	2	49	19	13	81
	3	24	8	16	48
	4	18	10	8	36
	5	22	7	2	31
	6	29	16	8	53
	7	24	9	1	34
	8	20	3	13	36
	9	29	11	9	49
	10	12	5	7	24
	11	30	8	5	43
	12	41	9	18	68
Total 2016		<b>339</b>	<b>109</b>	<b>101</b>	<b>549</b>

**Fuente:** Elaboración propia desde base de datos Pedregal

Cuadro No. 48. Registro internos bloques, adoquines y complementos para 2015 y 2016.

BLOQUES, ADOQUINES Y COMPLEMENTOS					
Año	MES	Adoquín	Block	Complemento	Total general
2015	1	8	29	2	39
	2	17	21	3	41
	3	8	34	3	45
	4	25	31	3	59
	5	17	28	7	52
	6	14	33	5	52
	7	30	24	3	57
	8	15	38	5	58
	9	20	34	7	61
	10	7	39	4	50
	11	17	23	5	45
	12	4	16	3	23
Total 2015		<b>182</b>	<b>350</b>	<b>50</b>	<b>582</b>
2016	1	24	30	1	55
	2	16	43	8	67
	3	19	39	2	60
	4	22	41	7	70
	5	36	44	4	84
	6	35	56	3	94
	7	22	39	0	61
	8	8	43	3	54
	9	47	39	1	87
	10	39	20	2	61
	11	48	31	3	82
	12	26	42	2	70
Total 2016		<b>342</b>	<b>467</b>	<b>36</b>	<b>845</b>

**Fuente:** Elaboración propia desde base de datos Pedregal

Como se observa en el Cuadro No. 49 el cálculo de la probabilidad de ocurrencia de ensayos según el tipo de producto o familia corresponde a un 45% en el caso de los agregados, un 32% en el caso de los bloques y finalmente un 24% en el caso de los adoquines y complementos, probabilidades que fueron establecidas en esta compuerta número 3.

Cuadro No. 49. Cálculo probabilidad de ocurrencia de ensayos según tipo de producto

	Agregados	Bloques	Adoquín o complemento
<b>2016</b>	582	350	232
<b>Probabilidad</b>	<b>0,50</b>	<b>0,30</b>	<b>0,20</b>
<b>2017</b>	549	467	378
<b>Probabilidad</b>	<b>0,39</b>	<b>0,34</b>	<b>0,27</b>
<b>Promedio anual</b>	0,45	0,32	0,24

Fuente: Elaboración propia

✓ **Estimación de probabilidades según tipo de producto**

Para el cálculo de estas probabilidades se procedió a consultar datos históricos de producción de los últimos dos años, obteniéndose un 64% de probabilidad de ejecutar un ensayo de granulometría fino, 22% de probabilidad de ejecutar un ensayo de granulometría grueso, 14% de probabilidad de ejecutar un ensayo de granulometría mixto.

El Cuadro No. 50 muestra el cálculo de las probabilidades de ensayos de granulometría según los datos históricos mostrados en los cuadros 47 y 48 mostrados anteriormente. problema

Cuadro No. 50. Cálculo probabilidad de ocurrencia ensayos en agregados

	Agregados		
	Fino	Grueso	Mixto
<b>2015</b>	386	136	60
<b>Probabilidad</b>	<b>0,66</b>	<b>0,23</b>	<b>0,10</b>
<b>2017</b>	339	109	101
<b>Probabilidad</b>	<b>0,62</b>	<b>0,20</b>	<b>0,18</b>
<b>Promedio anual</b>	0,64	0,22	0,14

Fuente: Elaboración propia

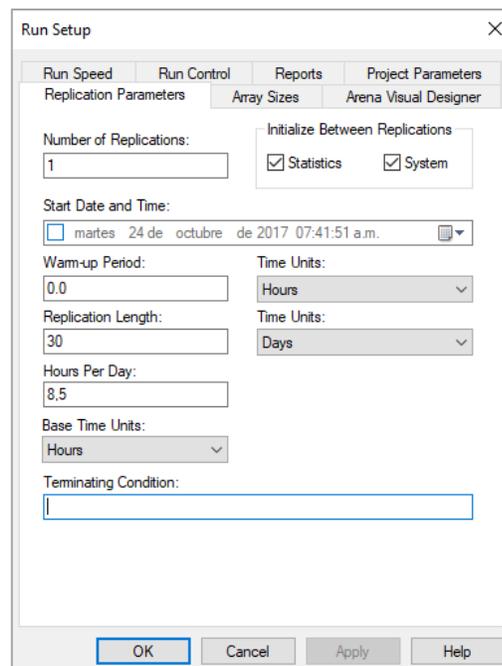
## 2. Simulación de las propuestas

A continuación, se presentan todos los aspectos que fueron tomados en consideración para la ejecución de la simulación de los dos modelos diseñados para finalmente presentar el análisis de los resultados obtenidos a partir de ambas simulaciones.

- Ejecución de la simulación

Con el fin de lograr obtener resultados bajo las mismas condiciones en ambas simulaciones, se procedió a establecer un escenario de simulación para las propuestas en donde se definió una duración de réplica de 30 días, con el fin de tener como resultado un número aproximado de informes mensuales.

La unidad de tiempo se establece en días y las horas diarias se definen como 8,5 horas según lo establecido en el inciso G, capítulo IV de este Proyecto, como tiempo diario productivo. La programación de estas variables se muestra a continuación en la Figura 50:



The image shows a screenshot of the 'Run Setup' dialog box in Arena software. The dialog has a title bar with a close button (X) and a tabbed interface. The 'Replication Parameters' tab is selected. The 'Number of Replications' is set to 1. The 'Start Date and Time' is set to 'martes 24 de octubre de 2017 07:41:51 a.m.'. The 'Warm-up Period' is 0.0, and the 'Replication Length' is 30. The 'Hours Per Day' is 8.5. The 'Base Time Units' is set to 'Hours'. The 'Terminating Condition' field is empty. The 'Initialize Between Replications' section has 'Statistics' and 'System' checked. The 'Time Units' for 'Warm-up Period' is 'Hours' and for 'Replication Length' is 'Days'. The 'OK', 'Cancel', 'Apply', and 'Help' buttons are at the bottom.

**Fuente:** Elaboración propia, Arena

*Figura 50. Configuración parámetros de replicación para simulación*

- **Resultados de la simulación**

Una vez estructurados los modelos y definidos los para metros de simulación se procede a correr ambas simulaciones, obteniéndose los resultados presentados en las Figuras 51 y 52:

**Resultados para la propuesta 1:**

A continuación, se presenta el resultado más relevante obtenido en la simulación de la propuesta de proceso 1, propuesta diseñada bajo un escenario ideal:

<b>System</b>	<b>Average</b>
Number Out	376

**Fuente:** Elaboración propia, Arena

*Figura 51. Número de entidades ejecutadas completamente por el proceso 1*

Como puede observarse, en promedio el número de entidades que completan el proceso en un periodo de 30 días corresponde a 376 informes, los cuales se dividen en 339 informes a nivel interno y 37 informes a nivel externo como se puede observar en el modelado de la simulación presentado en el Apéndice 16.

**Resultados para la propuesta 2:**

A continuación, se presenta el resultado más relevante obtenido en la simulación de la propuesta de proceso 2, propuesta diseñada bajo las condiciones de restricción planteadas por la empresa:

<b>System</b>	<b>Average</b>
Number Out	294

**Fuente:** Elaboración propia, Arena

*Figura 52. Número de entidades ejecutadas completamente por el proceso 2*

Como puede observarse en la Figura 52, en promedio el número de entidades que completan el proceso en un periodo de 30 días corresponde a 294 informes, los cuales se dividen en 276 informes a nivel interno y 18 informes a nivel externo como se puede observar en el modelado de la simulación presentado en el Apéndice 17.

### **Comparación de resultados:**

Finalmente, dado a que nuestro objetivo con esta simulación es validar a través de la simulación el potencial de mejora que implicaría la implementación de las propuestas, se procede a comparar la producción de informes internos y externos de ambas propuestas con la producción de informes actual.

En el Cuadro No. 51 se muestra la comparación de los resultados obtenidos en la simulación de cada una de las propuestas y el porcentaje de aumento en la producción de los informes respecto a la producción actual:

*Cuadro No. 51. Comparación de resultados de la simulación*

Simulación	Parámetros	Propuesta 1	Propuesta 2	Actual
Prueba a 30 días de 8,5 horas diarias	Producción informes internos	339	276	107
	Producción informes externos	37	18	23
	<b>Aumento en producción de informes internos</b>	<b>217%</b>	<b>158%</b>	
	<b>Aumento en producción de informes externos</b>	<b>61%</b>	<b>-</b>	

**Fuente:** Elaboración propia

Como puede observarse, en el caso de la propuesta uno se presenta un aumento del 217% en la generación de informes de calidad internos y un 61% de aumento en la generación de informes a nivel externo. En el caso de la propuesta 2

se cuenta con un aumento del 158% en informes internos y no se presenta aumento en la cantidad de informes externos de calidad.

Tomando en consideración la planificación del muestreo realizado en este proyecto, para cumplir con el control de calidad de los productos bajo la nueva planificación, es necesario generar aproximadamente 319 informes a nivel interno y 37 a nivel externo mensualmente. Por tanto, puede concluirse que a pesar de que con ambas propuestas se presenta un potencial de mejora significativo, la única propuesta que cuenta con el potencial de desarrollar el Sistema de Control de calidad de la empresa conforme a lo planificado es la propuesta 1.

#### **B. Pruebas plantilla de planificación del muestreo**

Con el fin de conocer la funcionalidad y la efectividad de la propuesta diseñada para la planificación del muestreo semanal (plantilla de planificación de muestreo) se procedió a ejecutar una prueba piloto con la presencia del Coordinador de calidad de la empresa.

Para desarrollar la prueba, primeramente, fue necesaria la solicitud de datos históricos de producción con el fin de ingresar estos datos como entrada para la ejecución de la plantilla. Una vez obtenidos los datos se procedió a ingresar la información y se ejecutó la plantilla obteniéndose los resultados de la programación del muestreo. Con esta información el Coordinador de calidad simuló el planteamiento del plan para dos semanas como fue establecido en el diseño.

A continuación, se muestra la evidencia de una de las programaciones sometidas a prueba:

Programación de muestreo Agregados (Interno)						Menú
Fecha de producción	Familia	Producto	Centro de producción	Última fecha de informe	¿Se requiere muestreo?	Tamaño de muestra
19/08/2015	Agregado	Sub Base	Nicoya	12/05/2015	Muestreo Interno	2 sacos
20/08/2015	Agregado	Cuarta	Nicoya	16/05/2015	Muestreo Interno	1 saco
21/08/2015	Agregado	Cuarta	Nicoya	16/05/2015	Muestreo Interno	1 saco
22/08/2015	Agregado	Cuarta	Nicoya	16/05/2015	Muestreo Interno	1 saco
23/08/2015	Agregado	Cuarta	Nicoya	16/05/2015	Muestreo Interno	1 saco
26/09/2016	Agregado	Polvo de piedra / Arena Industrial	Nicoya	15/05/2017	Aún no se requiere muestreo	No muestra
27/09/2016	Agregado	Polvo de piedra / Arena Industrial	Nicoya	15/05/2017	Aún no se requiere muestreo	No muestra
28/09/2016	Agregado	Polvo de piedra / Arena Industrial	Nicoya	15/05/2017	Aún no se requiere muestreo	No muestra
04/10/2016	Agregado	Cuarta	Nicoya	16/05/2015	Muestreo Interno	1 saco
05/10/2016	Agregado	Cuarta	Nicoya	16/05/2015	Muestreo Interno	1 saco
06/10/2016	Agregado	Polvo de piedra / Arena Industrial	Nicoya	15/05/2017	Aún no se requiere muestreo	No muestra
07/10/2016	Agregado	Polvo de piedra / Arena Industrial	Nicoya	15/05/2017	Aún no se requiere muestreo	No muestra
13/10/2016	Agregado	Polvo de piedra / Arena Industrial	Nicoya	15/05/2017	Aún no se requiere muestreo	No muestra
28/10/2016	Agregado	Sub Base	Nicoya	12/05/2015	Muestreo Interno	2 sacos
01/11/2016	Agregado	Sub Base	Nicoya	12/05/2015	Muestreo Interno	2 sacos
02/11/2016	Agregado	Sub Base	Nicoya	12/05/2015	Muestreo Interno	2 sacos
27/11/2016	Agregado	Cuarta	Nicoya	16/05/2015	Muestreo Interno	1 saco
28/11/2016	Agregado	Cuarta	Nicoya	16/05/2015	Muestreo Interno	1 saco
29/11/2016	Agregado	Cuarta	Nicoya	16/05/2015	Muestreo Interno	1 saco

Fuente: Elaboración propia

Figura 53. Ejemplificación resultados de prueba piloto

Con esta prueba se lograron identificar distintos errores de programación los cuales fueron corregidos para la ejecución de una nueva prueba en donde se logró comprobar la funcionalidad de la plantilla en un 100%. Es importante resaltar que además de la prueba piloto realizada, se desarrolló una capacitación en donde se explicó de manera detallada el funcionamiento de la plantilla de muestreo al Coordinador de Calidad de la empresa, el Ingeniero Andrés Ceciliano Valverde.

### C. Validación de propuestas por criterio de experto

Finalmente, con el fin de brindar a la empresa distintos criterios para elegir una de las dos propuestas de proceso, además del resultado del análisis económico y de la simulación, se decidió desarrollar la validación de las propuestas por medio del criterio de expertos.

Para desarrollar esta validación se contactaron y entrevistaron cinco expertos<sup>37</sup> en el área de calidad y procesos con el fin de que estas personas brindaran una opinión acerca de cuál de las dos propuestas consideran es mejor y más eficiente para la empresa.

La dinámica para la validación inició con una breve explicación de la problemática que presenta la empresa actualmente, para lo cual fue necesario presentar al experto las necesidades del cliente interno identificadas y priorizadas en el capítulo IV de este Proyecto. Una vez presentada la problemática y las necesidades del cliente, se procedió a presentar y explicar de manera detallada las dos propuestas de proceso para que estas pudieran ser posteriormente evaluadas por el experto.

La evaluación se basó en cinco criterios mostrados en la tabla de evaluación presentada en el Cuadro No. 52. Con base en estos criterios el experto procedió a calificar cada propuesta otorgando una puntuación de 1, 3 o 5 según la escala de puntuación mostrada a continuación:

#### **Escala de puntuación:**

- |   |
|---|
| <p><b>5</b> → Cumplimiento total del criterio</p> <p><b>3</b> → Cumplimiento parcial del criterio</p> <p><b>1</b> → Incumplimiento del criterio</p> |
|---|

---

<sup>37</sup> Ver perfil de expertos en Apéndice 16

*Cuadro No. 52 Tabla de evaluación de las propuestas de proceso*

Criterios de evaluación	Calificación	
	Propuesta 1	Propuesta 2
1. Clara y eficiente estructuración del proceso		
2. Satisfacción de las necesidades expuestas por el cliente interno		
3. Solución a la problemática planteada		
4. Aseguramiento en el control de calidad de los productos		
5. Adecuado flujo de información y recursos entre los departamentos involucrados en el sistema		

**Fuente:** Elaboración Propia

Una vez finalizadas todas las entrevistas a los expertos se procedió a tabular la calificación general otorgada por cada uno de ellos. El resultado de estas calificaciones se resume a continuación en el Cuadro No. 53:

*Cuadro No. 53 Resumen resultado de evaluación de las propuestas de proceso*

Expertos evaluadores	Propuesta 1	Propuesta 2
<b>Experto #1:</b> Ing. Diógenes Álvarez Solórzano	21	17
<b>Experto #2:</b> Ing. Rubén Martínez Montero	23	23
<b>Experto #3:</b> Ing. Jonathan Morales Arias	25	15
<b>Experto #4:</b> Ing. Roy Azofoifa Chacón	23	15
<b>Experto #5:</b> Ing. Juan José Valerio Vindas	23	15

**Fuente:** Elaboración Propia

Con base en los resultados puede observarse que cuatro de los cinco expertos se inclinaron por la propuesta de proceso número 1 correspondiente a la propuesta diseñada bajo el escenario ideal y solamente en no de los casos (Experto #2) se presentó una misma<sup>38</sup> puntuación en ambas propuestas.

<sup>38</sup> A pesar de obtenerse la misma calificación al final de la entrevista realizada el Experto#2 dice inclinarse más por la propuesta número dos.

Este resultado refleja que a nivel técnico los procedimientos y los recursos involucrados en la propuesta número uno vienen a solventar en mejor y mayor medida la problemática de la empresa, satisfaciendo las necesidades expuestas por los clientes internos y permitiendo la correcta ejecución del Sistema de control de Calidad de la empresa.

## **D. Planes de implementación**

En este apartado se presentan los planes de implementación desarrollados para la empresa Pedregal a modo de guía para la implementación de las propuestas desarrolladas en este proyecto. A continuación, se presentan tanto los planes de implementación para las propuestas de proceso como para la propuesta del desarrollo del programa 5S en el laboratorio de control de calidad.

### **1. Planes de implementación de las propuestas**

Como fue presentado en el capítulo V, en este Proyecto fueron diseñadas y detalladas dos propuestas de proceso distintas, una bajo un escenario ideal y otra bajo las condiciones de restricción planteadas por la empresa. Una vez analizados los resultados del análisis económico, la simulación y el criterio de los expertos consultados la empresa podrá evaluar y seleccionar la propuesta que más crea conveniente para la correcta ejecución de su Sistema de control de calidad.

Es por esta razón que para facilitar la implementación de la propuesta seleccionada se desarrolló un plan de implementación para cada una de las propuestas, en donde se presenta un diagrama de Gantt especificando cada una de las actividades a realizar, los responsables de ejecutarlas y el tiempo en el cual debían de ser ejecutadas. Los planes de implementación de ambas propuestas se presentan al final de este apartado.

### **2. Plan de implementación programa 5s**

Como fue expuesto en el capítulo IV, según lo expresado por los clientes internos, actualmente el laboratorio de control de calidad de la empresa presenta una necesidad de espacio para el almacenamiento de muestras y ejecución de ensayos de calidad.

Basado en las observaciones realizadas durante las visitas en este lugar se logró identificar que el laboratorio si cuenta con un amplio espacio para realizar estas labores, sin embargo el espacio se encuentra en condiciones de mucha suciedad y desorganización, razón por la cual se planteó como propuesta de solución a esta necesidad la implementación de un programa 5S en el laboratorio que permita mantener un espacio de trabajo limpio y organizado que no dificulte las labores que se realizan en este lugar.

Como primer paso para la implementación de este programa, se desarrolló una capacitación del personal del laboratorio con el fin de familiarizar al personal con la filosofía 5S, presentando cada una de las etapas que componen esta filosofía y todo lo que involucra la implementación de un programa 5S en su lugar de trabajo. Esta capacitación fue desarrollada en la semana del 2 al 6 de octubre durante horas de trabajo de los colaboradores del laboratorio.

Como segundo paso de la implementación, en la semana del 9 al 13 de octubre, se desarrolló en conjunto con el Coordinador de Calidad de la empresa una evaluación inicial en donde se valoraron las 5S en cada una de las áreas de trabajo del laboratorio.

Actualmente, el laboratorio cuenta con 5 áreas de trabajo distribuidas en una edificación de aproximadamente 196 m<sup>2</sup> y un área externa de aproximadamente 336 m<sup>2</sup>. Las áreas de trabajo se dividen en el área de ensayo para bloques, el área de ensayo para agregados, el área de ensayo para morteros, el área de oficinas y el área de patio (ver mapa de distribución de las áreas en el Plan de implementación programa 5S presentado al final de este apartado).

La evaluación fue aplicada considerando las 5 áreas de trabajo con base en la tabla de evaluación diseñada para dicha evaluación (ver tabla de evaluación en el Apéndice 8). Los resultados obtenidos en la evaluación se muestran a continuación en el Cuadro No. 54:

Cuadro No. 54. Resultado evaluación inicial programa 5S

	Calificación	Rango	Especificación
<b>SEIRI</b>	28%	D	Insatisfactorio
<b>SEITON</b>	50%	D	Insatisfactorio
<b>SEISO</b>	20%	D	Insatisfactorio
<b>SEIKETSU</b>	95%	A	Excelente
<b>SHITSUKE</b>	0%	D	Insatisfactorio
<b>General</b>	<b>40%</b>	<b>D</b>	Insatisfactorio

**Fuente:** Elaboración Propia

Como puede observarse, los resultados de la evaluación muestran que actualmente el laboratorio presenta un porcentaje de cumplimiento insatisfactorio (menor a 50%) en la mayoría de las “s” evaluadas, evidenciando problemas en las categorizaciones de clasificación (seiri), orden (seiton), limpieza (seiso), y autodisciplina (shitsuke). Además de esto se presentó una calificación excelente de 95% en la categoría de estandarización.

A continuación, se muestran algunas imágenes del estado actual del laboratorio de control de calidad de Pedregal:



**Fuente:** Fotografía tomada con autorización de Grupo Pedregal

*Figura 54. Evidencia área de compresión Laboratorio control de calidad*



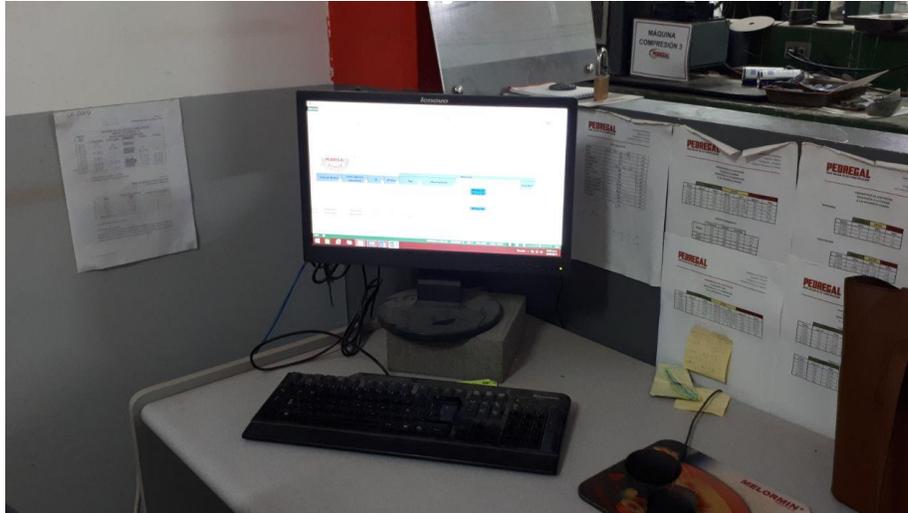
**Fuente:** Fotografía tomada con autorización de Grupo Pedregal

*Figura 55. Evidencia área de morteros Laboratorio control de calidad*



**Fuente:** Fotografía tomada con autorización de Grupo Pedregal

*Figura 56. Evidencia área de agregados Laboratorio control de calidad*



**Fuente:** Fotografía tomada con autorización de Grupo Pedregal

*Figura 57. Evidencia área de oficina Laboratorio control de calidad*



**Fuente:** Fotografía tomada con autorización de Grupo Pedregal

*Figura 58. Evidencia estandarización Laboratorio control de calidad*

Cabe destacar que, según lo establecido en el plan de implementación situado en Anexos, posterior a la evaluación deberá generarse un informe de resultados para ser presentado a la Coordinación de Calidad y a la gerencia a cargo del departamento (Gerencia Técnica)



# PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

Propuesta de proceso #1

Proceso para la ejecución del Sistema de Control  
de Calidad de Pedregal

Estefany Cerdas Pacheco

## PLAN DE IMPLEMENTACIÓN PARA PROPUESTA DE PROCESO #1

Este documento se presenta con el fin de guiar a la empresa Pedregal en la implementación y puesta en marcha de la propuesta de proceso seleccionada para la ejecución de su Sistema de control de calidad.

La guía presenta la planificación de la implementación de la propuesta mediante un diagrama de Gantt en donde se definen cada una de las actividades que deben de ser realizadas para llevar a cabo la implementación. En este diagrama se presentan las actividades a desarrollar en orden cronológico y las personas asignadas como responsables en la ejecución de cada etapa

El diagrama de Gantt presentado en la última página de este documento establece 15 actividades para la correcta implementación y puesta en marcha de la propuesta, las cuales son presentadas de manera detallada a continuación:

### Actividades por desarrollar:

#### 1 Convocatoria a reunión para presentación del proyecto

Esta es la primera actividad y corresponde a la organización y convocatoria de una reunión para la presentación de la propuesta de proceso seleccionada. Esta actividad debe de ser desarrollada por el Gerente Técnico de la empresa en su papel como asesor industrial del proyecto. Para la convocatoria a la reunión debe de contactarse a las partes involucradas en el proyecto que son; el Supervisor de producción, el Coordinador de calidad, los Técnicos de Laboratorio, las Coordinadoras de Ventas y el Director de Operaciones.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 5 días

#### 2 Reunión para la presentación del proyecto y su plan de implementación

Esta actividad, a cargo del Gerente Técnico de la empresa, debe realizarse en presencia de **todas** las personas convocadas. En ella se presentará la propuesta de proceso a todas las partes involucradas junto con este plan de implementación.

Con ayuda del diagrama de Gantt se expondrán las etapas de implementación y las responsabilidades de todas las partes dentro de este proceso para la futura puesta en marcha del proyecto. Se recomienda entregar un cronograma con las fechas posibles para las reuniones posteriores.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 5 días

### **3** Valorar cotizaciones propuestas para la compra del horno de secado

En esta actividad el Director de Operaciones deberá valorar las cotizaciones presentadas en el proyecto o bien considerar más opciones de proveedores si así se desea, de esta manera se pretende seleccionar la opción de horno de secado que más se adecue a la empresa para posteriormente definir todos los aspectos y términos para la compra del equipo.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 5 días

### **4** Validar requisitos para el puesto de Técnico de Campo y facilitarlos a la Gerencia de Recursos humanos

La actividad número cuatro corresponde a la definición de los requisitos necesarios para el puesto de Técnico de Campo, los cuales deben de ser enviados al Gerente de Recursos Humanos con el fin de planificar el proceso de búsqueda y contratación de esta persona.

Esta actividad debe realizarla el Gerente Técnico en conjunto con el Director de Operaciones de la empresa.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 5 días

### **5** Comprar horno de secado

En esta actividad se desarrolla la compra del horno de secado posterior a la valoración de proveedores realizada en la actividad número 3. En ella se debe de contactar al proveedor seleccionado para definir el modo de pago, tiempo de

entrega y fecha de recibimiento del horno para la planificación de su instalación. La compra del horno se desarrolla por parte del Gerente Técnico una vez aprobada por el Directo de Operaciones de la empresa.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 5 días

## **6** Realizar el proceso de reclutamiento y selección

Esta actividad corresponde al proceso de reclutamiento y selección para la contratación del Técnico de campo propuesto para la toma y el traslado de muestras a los laboratorios. Este proceso debe de ser desarrollado por el departamento de Recursos Humanos.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 14 días

## **7** Contratación de vehículo alquilado

La séptima actividad corresponde a la contratación del alquiler mensual del vehículo propuesto para el laboratorio de control de calidad de la empresa para el traslado de las muestras y demás necesidades. Dicha contratación debe ser coordinada y ejecutada por el Gerente Técnico con la oficina de Servicios y Acarreos Pedregal, como fue establecido en la propuesta.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 5 días

## **8** Adquisición de implementos para la rotulación de las muestras tomadas y recibos de control de muestras

Para finalizar con la adquisición de los recursos necesarios para la implementación del proceso se procede a adquirir los implementos para la rotulación de muestras tomadas, además se procede contratar la impresión de los recibos de control de muestras y las etiquetas de identificación de muestras para laboratorio interno diseñadas en la propuesta. Esto estará a cargo del a cargo del Coordinador de Calidad.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 5 días

## 9 Instalación y pruebas al horno de secado

En esta actividad (suponiendo la llegada del horno de secado) se realiza la instalación del equipo en el laboratorio. Se asigna además una semana como tiempo destinado para la realización de pruebas de funcionamiento al horno a cargo del Coordinador de Calidad

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 2 días

## 10 Presentación de diagrama de flujo del proceso y asignación de responsabilidades

Esta actividad corresponde a la segunda reunión en la cual se presenta e integra al nuevo miembro Técnico de Campo dentro del Sistema de control de calidad de la empresa. Con todos los miembros presentes el Gerente Técnico procede a presentar y explicar el diagrama de flujo del proceso, la asignación de las responsabilidades y los cronogramas de trabajo para la capacitación de todas las partes.

En esta reunión el Gerente deberá explicar con detalle las responsabilidades de cada miembro y el funcionamiento global del proceso con el fin de que todo el grupo tenga claro el objetivo de la implementación de esta propuesta y puedan trabajar bajo un mismo norte para conseguir el objetivo deseado

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 1 día

## 11 Capacitación en el uso de los recursos de transmisión de información

Para el uso correcto de los recursos se dará un periodo de capacitación de una semana con el fin de integrar los recursos existentes y los nuevos para asegurar el funcionamiento óptimo diseñado para ejecutar el sistema de control de calidad de la empresa. Para esta capacitación se dejará como apoyo el Manual de uso de la plantilla de planificación de muestreo

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 5 días

## 12 Prueba piloto

Una vez que la empresa cuente con todos los recursos involucrados en el proceso y se haya presentado claramente el diseño propuesto y su funcionamiento se procede a ejecutar el proceso por un periodo de tres semanas completas con el fin de probar que el flujo de información y recursos se dé con normalidad conforme a lo planeado.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 15 días

## 13 Evaluación de satisfacción del cliente interno

Finalizado el periodo de prueba se recomienda que el Gerente Técnico realice una nueva reunión con todas las partes involucradas con el fin de evaluar la satisfacción de todos como clientes internos del proceso diseñado y pueda conocerse la necesidad de ajustes en el proceso para ser ejecutados.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 5 días

## 14 Puesta en marcha

Una vez probado el proceso y realizados los ajustes correspondientes se procede a iniciar la puesta en marcha para ejecutar el proceso con normalidad.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** indefinido

## 15 Auditorias

Se recomienda a la empresa que el Gerente Técnico realice auditorías internas del proceso cada 6 meses con el fin de verificar el funcionamiento de este y mantenerlo funcionando de la manera deseada.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** indefinido





# PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

Propuesta de proceso #2

Proceso para la ejecución del Sistema de Control  
de Calidad de Pedregal

Estefany Cerdas Pacheco

## PLAN DE IMPLEMENTACIÓN PARA PROPUESTA DE PROCESO #2

Este documento se presenta con el fin de guiar a la empresa Pedregal en la implementación y puesta en marcha de la propuesta de proceso seleccionada para la ejecución de su Sistema de control de calidad.

La guía presenta la planificación de la implementación de la propuesta mediante un diagrama de Gantt en donde se definen cada una de las actividades que deben de ser realizadas para llevar a cabo la implementación. En este diagrama se presentan las actividades a desarrollar en orden cronológico y las personas asignadas como responsables en la ejecución de cada etapa.

El diagrama de Gantt presentado en la última página de este documento establece 14 actividades para la correcta implementación y puesta en marcha de la propuesta, las cuales son presentadas de manera detallada a continuación:

### Actividades por desarrollar:

#### 1 Convocatoria a reunión para presentación del proyecto

Esta es la primera actividad y corresponde a la organización y convocatoria de una reunión para la presentación de la propuesta de proceso seleccionada. Esta actividad debe de ser desarrollada por el Gerente Técnico de la empresa en su papel como asesor industrial del proyecto. Para la convocatoria a la reunión debe de contactarse a las partes involucradas en el proyecto que son; el Supervisor de producción, el Coordinador de calidad, los Técnicos de Laboratorio, las Coordinadoras de Ventas y el Director de Operaciones.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 5 días

#### 2 Reunión para la presentación del proyecto y su plan de implementación

Esta actividad, a cargo del Gerente Técnico de la empresa, debe realizarse en presencia de **todas** las personas convocadas. En ella se presentará la propuesta de proceso a todas las partes involucradas junto con este plan de implementación.

Con ayuda del diagrama de Gantt se expondrán las etapas de implementación y las responsabilidades de todas las partes dentro de este proceso para la futura puesta en marcha del proyecto. Se recomienda entregar un cronograma con las fechas posibles para las reuniones posteriores.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 5 días

### **3** Valorar cotizaciones propuestas para la compra del horno de secado

En esta actividad el Director de Operaciones deberá valorar las cotizaciones presentadas en el proyecto o bien considerar más opciones de proveedores si así se desea, de esta manera se pretende seleccionar la opción de horno de secado que más se adecue a la empresa para posteriormente definir todos los aspectos y términos para la compra del equipo.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 5 días

### **4** Coordinación de la capacitación y asignación de Encargados de toma de muestra

En esta actividad el Gerente Técnico deberá establecer un cronograma de capacitación para que el Coordinador de Calidad proceda a realizar la capacitación en cada uno de los centros de producción de la empresa. Se recomienda, según lo establecido en la propuesta, que para la capacitación de los nuevos “Encargados de toma de muestra” de cada centro de producción se dedique un día completo con el fin de realizar una capacitación completa y adecuada. La asignación del Encargado de toma de muestra de cada sitio será establecido por el Gerente Técnico de la empresa.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 5 días

## 5 Periodo de capacitación

Esta actividad será realizada por el Coordinador de Calidad según las fechas establecidas en la actividad anterior. La realización de la misma se extenderá por un periodo de 10 semanas, asignando un periodo de una semana para desarrollar la capacitación en cada uno de los 10 centros de producción.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 24 días

## 6 Comprar horno de secado

En esta actividad se desarrolla la compra del horno de secado posterior a la valoración de proveedores realizada en la actividad número 3. En ella se debe de contactar al proveedor seleccionado para definir el modo de pago, tiempo de entrega y fecha de recibimiento del horno para la planificación de su instalación. La compra del horno se desarrolla por parte del Gerente Técnico una vez aprobada por el Directo de Operaciones de la empresa.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 4 días

## 7 Adquisición de implementos para la rotulación de las muestras tomadas y recibos de control de muestras

Para finalizar con la adquisición de los recursos necesarios para la implementación del proceso se procede a adquirir los implementos para la rotulación de muestras tomadas, además se procede contratar la impresión de los recibos de control de muestras y las etiquetas de identificación de muestras para laboratorio interno diseñadas en la propuesta.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 5 días

## 8 Instalación y pruebas al horno de secado

En esta actividad (suponiendo la llegada del horno de secado) se realiza la instalación del equipo en laboratorio. Se asigna además una semana como tiempo destinado para la realización de pruebas de funcionamiento al horno.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 2 días

## 9 Presentación de diagrama de flujo del proceso y asignación de responsabilidades

Esta actividad corresponde a la segunda reunión en la cual el Gerente Técnico procede a presentar y explicar el diagrama de flujo del proceso, la asignación de las responsabilidades y los cronogramas de trabajo para la capacitación de todas las partes.

En esta reunión el Gerente deberá explicar con detalle las responsabilidades de cada miembro y el funcionamiento global del proceso con el fin de que todo el grupo tenga claro el objetivo de la implementación de esta propuesta y puedan trabajar bajo un mismo norte para conseguir el objetivo deseado

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 1 día

## 10 Capacitación en el uso de los recursos de transmisión de información

Para el uso correcto de los recursos se dará un periodo de capacitación de una semana con el fin de integrar los recursos existentes y los nuevos para asegurar el funcionamiento óptimo diseñado para ejecutar el sistema de control de calidad de la empresa. Para esta capacitación se dejará como apoyo el Manual de uso de la plantilla de planificación de muestreo.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 5 días

## 11 Prueba piloto

Una vez que la empresa cuente con todos los recursos involucrados en el proceso y se haya presentado claramente el diseño propuesto y su funcionamiento se procede a ejecutar el proceso por un periodo de tres semanas completas con el fin de probar que el flujo de información y recursos se dé con normalidad conforme a lo planeado.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 15 días

## 12 Evaluación de satisfacción del cliente interno

Finalizado el periodo de prueba se recomienda que el Gerente Técnico realice una nueva reunión con todas las partes involucradas con el fin de evaluar la satisfacción de todos como clientes internos del proceso diseñado y pueda conocerse la necesidad de ajustes en el proceso para ser ejecutados.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 5 días

## 13 Puesta en marcha

Una vez probado el proceso y realizados los ajustes correspondientes se procede a iniciar la puesta en marcha para ejecutar el proceso con normalidad.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** indefinido

## 14 Auditorias

Se recomienda a la empresa que el Gerente Técnico realice auditorías internas del proceso cada 6 meses con el fin de verificar el funcionamiento de este y mantenerlo funcionando de la manera deseada.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** indefinido



# Plan de Implementación programa 5S

---

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD PEDREGAL

Estefany Cerdas Pacheco  
2017 |

## PLAN DE IMPLEMENTACIÓN PROGRAMA 5S

Este documento se presenta con el fin de guiar a la empresa Pedregal en la implementación que un programa 5S en su Laboratorio de Control de Calidad.

La guía presenta la planificación de la implementación del programa mediante un diagrama de Gantt en donde se definen cada una de las actividades que deben ser realizadas para llevar a cabo la implementación. En este diagrama se presentan las actividades a desarrollar en orden cronológico y las personas asignadas como responsables en la ejecución de cada actividad.

El diagrama de Gantt presentado en este documento establece distintas actividades para la correcta implementación y puesta en marcha del programa 5S, dividido en 5 etapas diferentes, iniciando con la etapa de preparación y estableciendo una etapa para cada una de las “s” propuestas por la filosofía. A continuación, se detallan cada una de estas etapas.

### Etapa 1: Preparación

#### 1 Capacitación 5S al personal del laboratorio

La primera actividad para la implementación del programa 5S corresponde a la capacitación del personal del laboratorio, la cual será realizada por la estudiante a cargo del proyecto. Por medio de esta capacitación se busca familiarizar al personal del laboratorio con la filosofía 5S presentando cada una de las etapas que componen esta filosofía y todo lo que involucra la implementación de un programa 5S en su lugar de trabajo.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 5 días

## 2 Evaluación inicial y presentación de resultados

En esta actividad la estudiante a cargo en conjunto con el Coordinador de Calidad del laboratorio realizará la evaluación inicial al laboratorio con base en la Tabla de evaluación 5S ubicada al final de este documento. Posterior a la evaluación deberá generarse un informe de resultados para ser presentado a la Coordinación de Calidad y a la gerencia a cargo del departamento (Gerencia Técnica)

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 5 días

## 3 Valoración y aprobación del plan por Dirección de Operaciones

Conocidos los resultados el Gerente Técnico deberá presentar el informe a la Dirección de Operaciones junto con el plan de implementación para su valoración y aprobación de modo que se pueda dar arranque a la implementación del programa en el Laboratorio de control de calidad.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 5 días

## 4 Selección del líder 5S y publicación del cronograma de trabajo

Una vez aprobado el plan, el Gerente Técnico debe de definir el líder a cargo de la implementación del programa, este líder se encargará de publicar un cronograma de trabajo con base en las etapas 2, 3, 4, 5 y 6 de este plan de implementación. El cronograma deberá ser entregado a la Gerencia Técnica, a la Dirección de Operaciones y al personal del Laboratorio de control de calidad.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 5 días

## Etapa 2: Seiri (Clasificar)

### 1 Tomar evidencia de la situación actual

La primera actividad de la etapa de clasificación corresponde a la toma de evidencia de la situación actual del laboratorio. El líder a cargo de la implementación deberá tomar fotografías que evidencien la situación en la en que se encuentra actualmente el laboratorio con el fin de poder comparar los escenarios al final de la implementación.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 1 día

### 2 Separar lo útil de lo inútil

Según lo establecido en el cronograma de trabajo, el personal del laboratorio deberá recorrer las instalaciones y clasificar los artículos, herramientas y equipos útiles de los inútiles. Se recomienda establecer un periodo de tiempo de uso como criterio de clasificación. Por ejemplo: “Se considera inútil todo aquel artículo que no ha sido usado por un lapso de 3 semanas”.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 1 día

### 3 Clasificar las cosas útiles (etiquetas rojas)

Esta actividad se desarrolla de la mano con la actividad anterior, en ella se deben de clasificar las cosas útiles y etiquetar las inútiles con el fin de facilitar el trabajo en la siguiente etapa. La Figura 1 muestra un ejemplo del tipo de etiqueta a utilizar en esta actividad.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 1 día

No. \_\_\_\_\_

### TARJETA ROJA

Fecha \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Area \_\_\_\_\_

Item \_\_\_\_\_

Cantidad \_\_\_\_\_

#### ACCION SUGERIDA

Agrupar en espacio separado

Eliminar

Reubicar

Reparar

Reciclar

Comentario \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Fecha p/conduir acción \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

3"

6"

**Fuente:** Manual para la implementación sostenible de 5s, INFOTEP, 2010.

### Etapa 3: Seiton (Ordenar)

#### 1 Tirar lo inútil

La primera actividad de la etapa 3 corresponde a despachar todos los artículos inútiles según la acción sugerida en las tarjetas rojas asignadas en la etapa anterior.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 1 día

## 2 Establecer lugar a las cosas útiles

“Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”. Una vez despachadas las cosas inútiles, se procede a trabajar con las cosas útiles. El equipo de trabajo conformado por el personal del laboratorio deberá establecer un lugar para cada una de las cosas útiles.

Esta ubicación debe realizarse de manera estratégica de modo que cada cosa se encuentre cerca del área de trabajo a donde pertenece, para no solo mantener el área ordenada si no también reducir los tiempos en los que actualmente se invierte buscando las herramientas de trabajo.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 2 días

## 3 Etiquetar lugares

Esta actividad se realiza de la mano con la actividad anterior. Considerando que ya fue asignado un lugar para cada cosa, se procede a etiquetar ese lugar para que se respete lo asignado y sea más fácil ubicar las cosas después de hacer uso de las mismas.

La etiqueta debe tener un tamaño legible, se recomienda que sea sencilla y con una letra clara para facilitar su lectura. La Figura 2 muestra un ejemplo del tipo de etiqueta a utilizar en esta actividad, en este caso para un pie de rey.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 2 días



**Pie de rey**

**Fuente:** Elaboración propia

*Figura 59. Ejemplo de etiqueta para herramienta*

## Etapa 4: Seiso (Limpieza)

### 1 Asignar áreas de limpieza

La primera actividad de la cuarta etapa del programa corresponde a la asignación de áreas de limpieza. En esta actividad el líder 5S deberá de asignar a cada miembro del personal de laboratorio un área basada en el “**Mapa de identificación de áreas, Laboratorio de Control de Calidad Pedregal**” ubicado al final de este documento.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 1 día

### 2 Limpiar las instalaciones

Una vez asignadas las áreas, se procede a realizar una limpieza profunda en cada una de las áreas asignadas.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 4 días

### 3 Mitigar causas de suciedad

Esta actividad se realiza conforme se realiza la actividad anterior. El equipo de trabajo debe de buscar e identificar las principales causas que originan la suciedad y realizar las acciones necesarias para mitigarlas de modo que las mismas disminuyan o sean eliminadas en su totalidad.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 4 días

## Etapa 5: Seiketsu (Estandarización)

### 1 Crear mapa con asignación de áreas

En esta actividad el líder 5S deberá crear un mapa asignando las áreas de limpieza para que el mismo sea impreso y localizado en una pared de laboratorio y se encuentre a la vista de todos los colaboradores cada vez que le sean asignadas labores de limpieza.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 5 días

### 2 Control visual y pizarra de desempeño

El líder 5S deberá crear el control visual del programa 5S para el laboratorio elaborando la rotulación faltante en las áreas de trabajo, basureros y el área de ubicación de los artículos de limpieza. Además, deberá crearse una pizarra de desempeño (junto al mapa elaborado en la actividad anterior) con el fin de visualizar el desempeño del equipo mensualmente (con base en las auditorias establecidas en la sexta etapa de este plan de implementación).

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 5 días

## Etapa 6: Shitsuke (Autodisciplina)

### 1 Evaluación final

Una vez concluidas las etapas 1, 2, 3, 4 y 5, el líder 5S deberá realizar la evaluación final. Al igual que la evaluación inicial, esta debe realizarse con base en la Tabla de evaluación 5S ubicada al final de este documento. Además, deberá tomarse la evidencia del estado en el que se encuentra en ese momento con el fin de visualizar y documentar la comparación del antes y el después.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 4 días

## 2 Presentación de resultados

El líder deberá presentar al Gerente Técnico y al Director de Operaciones el resultado de la Evaluación final y la comparación de los escenarios antes y después de desarrollar el programa 5S.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 1 día

## 3 Determinación de directrices de cumplimiento del programa

Se recomienda que, en esta misma actividad, el Gerente Técnico y el Director de Operaciones determinen una política 5S que permita la sanción del personal del laboratorio en caso del incumplimiento del programa, dichas políticas deben ser validadas por el departamento de RRHH. Esta propuesta permite que se dé validez al cumplimiento del programa establecido con el fin de asegurar que la implementación del programa tendrá un proceso constante de mejora continua.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 5 días

## 4 Establecer de limpieza diarios y crear cronograma de limpieza profunda

El líder deberá establecer y asignar un tiempo diariamente para la limpieza de las áreas de laboratorio. Además de esto se deberá de crear un programa en donde se establezcan fechas de limpieza profunda cada 2 meses como mínimo.

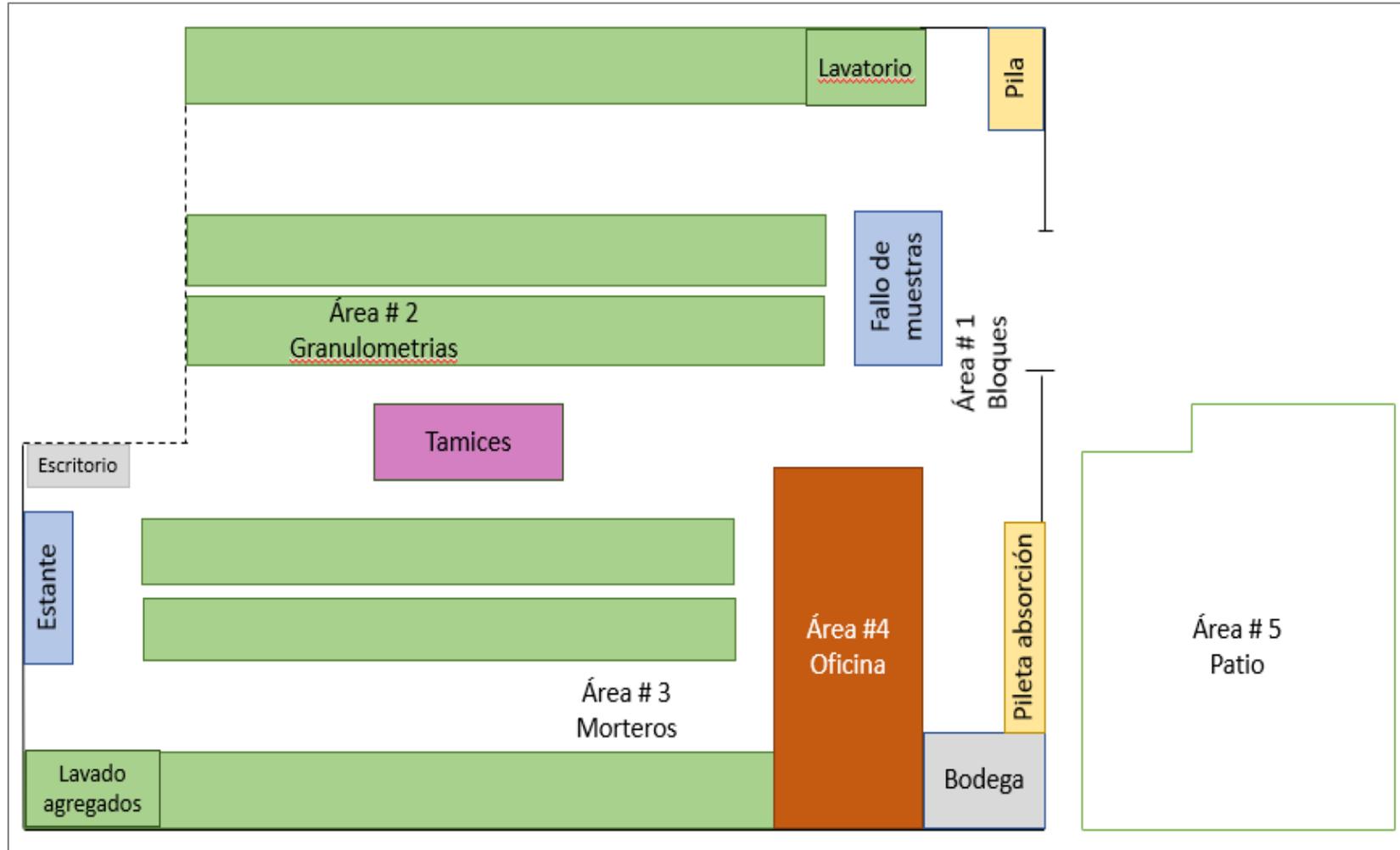
**Periodo de desarrollo de la actividad:** 5 días

## 5 Definir y programar auditorías mensuales

El líder 5S deberá definir y programar auditorías mensuales para asegurar la mejora continua y verificar que se mantenga el orden y limpieza en el laboratorio.

**Periodo de desarrollo de la actividad:** 5 días

## Mapa de identificación de áreas, Laboratorio de Control de Calidad Pedregal.





## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación, se presentan las conclusiones y recomendaciones más importantes por considerar:

### A. Conclusiones

- Para cumplir con el control de calidad según lo establecido por las normas técnicas en las cuales se rige el sistema de control de calidad de la empresa es necesario contar con una planificación adecuada para la toma de muestras, necesidad que es solventada mediante la plantilla de planificación del muestreo diseñada en este Proyecto.
- Según la evaluación de la necesidad de adquisición de equipo para la ejecución de ensayos y toma de muestras, el laboratorio requiere de la adquisición de dos nuevos hornos para el secado de muestras para cumplir con la nueva planificación de muestreo programada.
- Las principales diferencias entre las propuestas de proceso diseñadas corresponden a los recursos propuestos para la toma de muestras y su traslado a los laboratorios interno y externos.
- Para mantener el control sobre las muestras tomadas y entregadas a los laboratorios es necesario el uso de plantillas de recibo y etiquetas para la rotulación de las muestras como las diseñadas en este Proyecto.
- El cálculo de los indicadores VAC y CAE reflejan que a nivel económico el costo de la propuesta 2 es menor y por ende más atractivo y viable que el costo de la propuesta número 1.
- El resultado de la simulación indica que ambas propuestas presentan un potencial de mejora significativo, sin embargo, la única propuesta que cuenta

con el potencial de desarrollar el Sistema de Control de calidad de la empresa conforme a lo planificado es la propuesta 1.

- Según el resultado de la validación de las propuestas por criterio de experto se concluye que a nivel técnico los procedimientos y los recursos involucrados en la propuesta número uno solventan en mejor y mayor medida la problemática de la empresa, satisfaciendo las necesidades expuestas por los clientes internos y permitiendo la correcta ejecución del Sistema de control de Calidad de la empresa.
- Según el resultado de la evaluación 5S, el laboratorio de control de calidad presenta oportunidad de mejora significativa en temas de orden, limpieza, clasificación y mejora continua para lograr contar con el espacio y la organización requerida para la ejecución de ensayos y para el almacenamiento de muestras.

## **B. Recomendaciones**

- Considerando las necesidades expuestas por los clientes internos se visualiza la importancia de contar con inspección de producto en proceso, razón por la que se recomienda a la empresa comenzar a involucrar y desarrollar dentro de su Sistema de control de calidad un modelo o guía para el control del producto en proceso.
- Con el fin de mantener la correcta toma de muestras y ejecución de ensayos de laboratorio se recomienda a la empresa implementar auditorías para evaluar que los encargados de estas labores se apeguen a los procedimientos establecidos en la normativa
- Basado en los tres criterios de selección de la propuesta (análisis económico, resultado de simulación y validación bajo criterio de experto) se recomienda a la empresa optar por la propuesta de proceso número 1 considerando que a pesar de esta requerir una mayor inversión, es la propuesta mejor calificada por expertos en el área de calidad y procesos, además de ser la única que cuenta con la capacidad de ejecutar el Sistema de control de calidad conforme a lo planificado.
- Se recomienda a la empresa que después de seleccionar la propuesta de proceso, base su implementación en los planes de implementación proporcionados en este Proyecto, contemplando las recomendaciones sobre la ejecución de al menos 2 auditorías anuales para evaluar la consistencia del proceso y procurar siempre la mejora continua del mismo.
- Con el fin de contar con el orden, espacio y organización necesario para el laboratorio se recomienda a la empresa continuar con la ejecución del plan de implementación del programa 5S diseñado en este proyecto.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, J. A. (2012). *Control de Calidad. Un enfoque integral y estadístico*. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológico de Costa Rica.
- Acuña, J. A. (2015). *Simulación de procesos*. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- American Productive and Quality Center. (12 de 08 de 2017). *APQC*. Obtenido de <https://www.apqc.org/pcf>
- American Society for Testing and Materials. (11 de 08 de 2017). *ASTM International*. Obtenido de <https://www.astm.org/ABOUT/overview.html>
- Club BPM . (2011). *El libro del BPM. Tecnologías , Conceptos, Enfoques , Conceptos, Enfoques Metodologicos Metodológicos y Estándares* . Madrid, España: Print Marketing, S.L.
- Garro Chavarría , E. (2016). *Desarrollo de proyectos de innovación con Design for Six Sigma*. San José, Costa Rica: Editorial Ludovico.
- Gutiérrez Pulido , H., & de la Vara Salazar, R. (2013). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*. México: McGrawHill.
- Hahn, G., Doganaksoy, N., & Hoeri, R. (2000). The evolution of six sigma. *Quality Engineering*, 12(3), 317-326.
- Heizer, J., & Render, B. (2009). *Principios de administración de operaciones*. México: Pearson Educación.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2010). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. (11 de 08 de 2017). Obtenido de INTECO: <https://www.inteco.org/page/homepage>
- James R., E., & William M. , L. (2008). *Administración y control de la calidad*. México: Cengage Learning Editores S.A.

- Jeston, J., & Nelis, J. (2008). *Business Process Management*. Burlington, USA: Elsevier Ltd.
- Luna, O. F. (2011). *Sistemas de Control Interno Para Organizaciones*. Lima, Perú: Instituto de Investigacion en Accountability y Control.
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: Mc Graw Hill.
- Pulido, H. G. (2010). *Calidad Total y Productividad*. México: Mc Graw Hill.
- Pyzdek, T. (2003). *The SixSigma Handbook (A complete guide for GreenBelts, BlackBelts, and Managers at all levels)*. United States of America: Mc Graw Hill.
- Sacristán, F. R. (2005). *Las 5S: orden y limpieza en el puesto de trabajo*. Madrid, España: FC Editorial.
- Sapag Chain, N. (2011). *Proyectos de inversión, Formulación y evaluación* (Vol. Segunda edición). Chile: Pearson Educación.
- Velasco, J. A. (2013). *Gestión por procesos*. México: Alfaomega Grupo Editos S.A.

## APÉNDICES

## Apéndice 1. Plantilla de evaluación Poder-Interés

### Evaluación Poder-Interés

Nombre del interesado: \_\_\_\_\_

A continuación, se presentan una serie de criterios con el fin de determinar su nivel de poder e interés sobre el proyecto titulado “Diseño de una propuesta de proceso para la correcta ejecución del control de calidad en los agregados, bloques, adoquines y complementos fabricados en los 11 centros de producción de GRUPO PEDREGAL”. Favor otorgar a cada uno de los criterios mostrados en las siguientes tablas un puntaje entre 1 y 5, según corresponda.

Evaluación Nivel de Poder		
No	Criterio	Nivel
1	Capacidad de imponer su voluntad en el proyecto	
2	Influencia en la elección de elementos a ser incluidos en el proyecto	
3	Posición jerárquica dentro de los departamentos involucrados	
4	Autoridad para la toma de decisiones en el proyecto	
5	Capacidad de inversión sobre el proyecto	
6	Capacidad de solicitar cambios en el transcurso del proyecto	
		$\bar{Y} =$

Evaluación Nivel de Interés		
No	Criterio	Nivel
1	Conocimiento respecto al estado del control de calidad de productos a nivel interno y externo	
2	Preocupación sobre el estado actual del sistema de control de calidad de la empresa	
3	Beneficio directo ante el mejoramiento del control de calidad de los productos	
4	Dependencia del estado del sistema de calidad para con su puesto en la empresa	
		$\bar{X} =$

## Apéndice 2. Cuestionario evaluación del sistema de calidad

### CUESTIONARIO PARA LA EVALUACION DE LOS PROCEDIMIENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD DE PEDREGAL

El siguiente cuestionario tiene como fin evaluar los procedimientos de control de calidad realizados en la empresa PEDREGAL para los productos agregados, bloques, adoquines y complementos fabricados en los 11 centros de producción de la empresa. Por favor conteste cada una de las siguientes preguntas y brinde todos los detalles que considere necesarios para la evaluación.

<b>Fecha:</b>	<b>Lugar:</b>			<b>No. Encuesta:</b>
<b>Cargo del Encuestado:</b>				
ESTRUCTURACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD				
Pregunta	SI	NO	N/A	Comentarios
¿Conoce todos los procedimientos que se llevan a cabo en el sistema de control de calidad de estos productos?				
¿Tiene claro cuál es su función dentro del sistema de control de calidad de la empresa? Si su respuesta es sí, comente ¿Cuál es?				
¿Considera que existe una clara definición de los procedimientos para llevar a cabo el control de calidad de forma eficiente y adecuada?				
¿Cree usted que problemas como quejas de clientes o la falta de generación de informes puedan presentarse debido a la estructuración inadecuada del sistema de control de calidad?				
<p>¿Considerando la siguiente lista, cree usted que falte algún procedimiento para contar con un sistema de control de calidad bien estructurado?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Coordinación de producción (<b>planning</b>)</li> <li>2. Toma de muestra</li> <li>3. Transporte de muestras a laboratorios</li> <li>4. Almacenamiento y control de muestras</li> <li>5. Acondicionamiento de muestra</li> <li>6. Ejecución de ensayos</li> <li>7. Análisis de resultados y generación de informes</li> <li>8. Envío de informes</li> <li>9. Valoración de informes de calidad</li> </ol>				

EFICIENCIA DEL SISTEMA DE CALIDAD				
Pregunta	SI	NO	N/A	Observaciones
¿Considera que el sistema de control de calidad de estos productos se está efectuando de la manera más adecuada posible?				
¿Cree que existen puntos de desconexión de información que afecten al sistema? Si su respuesta es sí, comente ¿Cuáles podrían ser esos puntos?				
¿Considera que actualmente se está realizando el control de calidad a los productos según lo establece la normativa? Si su respuesta es no, comente ¿Cuáles considera que son las causas de este problema?				
¿Considera que existen actividades de control suficientes para verificar y monitorear el cumplimiento de las especificaciones de los productos?				
¿Considera que hay aspectos del sistema de control de calidad que deberían mejorar? Si su respuesta es sí, comente ¿Cuáles aspectos cree que deberían ser mejorados?				
<p>¿Si tuviera que calificar la eficiencia del sistema de control de calidad que calificación le daría considerando la siguiente escala?</p> <p><input type="checkbox"/> Muy deficiente</p> <p><input type="checkbox"/> Deficiente</p> <p><input type="checkbox"/> Bueno</p> <p><input type="checkbox"/> Eficiente</p> <p><input type="checkbox"/> Muy eficiente</p> <p>Por favor justifique su calificación.</p>				

PERCERPCIÓN COMO CLIENTE INTERNO				
Pregunta	SI	NO	N/A	Observaciones
¿Considera que el o los procedimientos a su cargo aportan valor al sistema de control de calidad de estos productos?				
¿Cómo cliente interno del sistema de control de calidad se encuentra satisfecho con el producto que recibe de su proveedor?				
¿Qué aspectos cree que deberían mejorarse en el sistema para que usted pueda desarrollar sus funciones y entregar un buen producto a la siguiente etapa?				
¿Cuáles considera que son los requerimientos más importantes del producto que usted recibe como cliente interno del sistema de control de calidad?				
¿Cuáles considera que son los requerimientos más importantes del producto que usted entrega como proveedor interno del sistema de control de calidad?				

### Apéndice 3. Cuestionario Kano

## CUESTIONARIO SOBRE REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN GRUPO PEDREGAL

El siguiente es un cuestionario desarrollado para priorizar las necesidades y requerimientos del sistema de control de calidad en los agregados, bloques, adoquines, y complementos fabricados por la empresa PEDREGAL, su propósito consiste en identificar los requerimientos más importantes del sistema actual para su integración a la propuesta de diseño del nuevo proceso.

A continuación, se exponen una serie de preguntas con 5 opciones de respuesta, marque con una equis (X) en la opción que mejor describa su respuesta ante cada interrogante. Marcar solamente una de las 5 opciones de respuesta.

Preguntas	Posibles respuestas				
	Me gusta	Debe de estar, es algo básico	Neutral	Puedo vivir con eso, es tolerable	Me disgusta
1.1. ¿Qué opina si se envía al laboratorio de calidad un informe semanal de producción de todos los productos a fabricar en los 11 centros de producción de Pedregal?					
1.2 Si el laboratorio de calidad desconociera la producción semanal de alguno de los centros de producción antes de iniciar con la planificación del muestreo ¿Cómo se sentiría?					
2.1. ¿Qué opina respecto a que si el muestreo de productos para los ensayos de calidad lo realizase un técnico de laboratorio?					
2.2. Si el muestreo de productos no es realizado por un técnico de laboratorio, ¿Cómo se siente si este es realizado por un operario de planta?					
3.1. ¿Qué considera acerca de si en el control de calidad de la empresa se realizase el monitoreo a los productos durante su proceso de fabricación?					
3.2. ¿Cómo se siente si no existen inspecciones de calidad en los productos durante su proceso de producción?					
4.1 Si el muestreo y los ensayos de calidad de los productos se ejecutan según la norma técnica correspondiente ¿Cómo se siente?					
4.2. ¿Qué opina si el procedimiento para el muestreo y ensayo de los productos se realiza con base en el conocimiento personal y experiencia del técnico de laboratorio?					

Preguntas	Posibles respuestas				
	Me gusta	Debe de estar, es algo básico	Neutral	Puedo vivir con eso, es tolerable	Me disgusta
5.1. ¿Qué opina si con cada ensayo de calidad realizado se genera un informe de calidad del producto?					
5.2. Si se generan los informes de los ensayos realizados solamente cuando estos son solicitados para su revisión ¿Cómo se siente?					
6.1. ¿Qué considera si el sistema genera resultados más rápidos y eficientes en cada una de las etapas del control de calidad?					
6.2. ¿Cómo se siente si el sistema tardara en dar resultados debido a la presencia de interrupciones en alguna de sus etapas?					
7.1. Si el laboratorio de calidad de la empresa contara con recurso de transporte fijo para el traslado de muestras al laboratorio interno y externo ¿Cómo se siente?					
7.2. ¿Qué opina si el traslado de las muestras a los laboratorios se realizase solamente cuando existe disponibilidad de transporte ajeno al laboratorio?					
8.1. Si el laboratorio de calidad de la empresa contara con el equipo necesario para la ejecución de los ensayos conforme a la normativa ¿Cómo se siente?					
8.2. ¿Qué opina si existieran dificultades para la realización de ensayos en el laboratorio de calidad debido a la falta de recursos?					
9.1. ¿Qué considera si se realizara una planificación semanal del muestreo de calidad de los productos conforme a lo establecido por las normas técnicas utilizada por la empresa?					
9.2. Si el muestreo de calidad de los productos no se planificara ¿Cómo se siente si el mismo se realiza ocasionalmente?					
10.1. ¿Qué opina si existiese suficiente espacio para el almacenamiento de muestras y la ejecución de ensayos en el laboratorio?					
10.2. Si existieran dificultades para el almacenamiento de muestras y/o la ejecución de ensayos debido a la distribución del espacio del laboratorio ¿Cómo se siente?					

Muchas gracias por su tiempo y colaboración.

## Apéndice 4. Plantilla para el estudio de tiempos

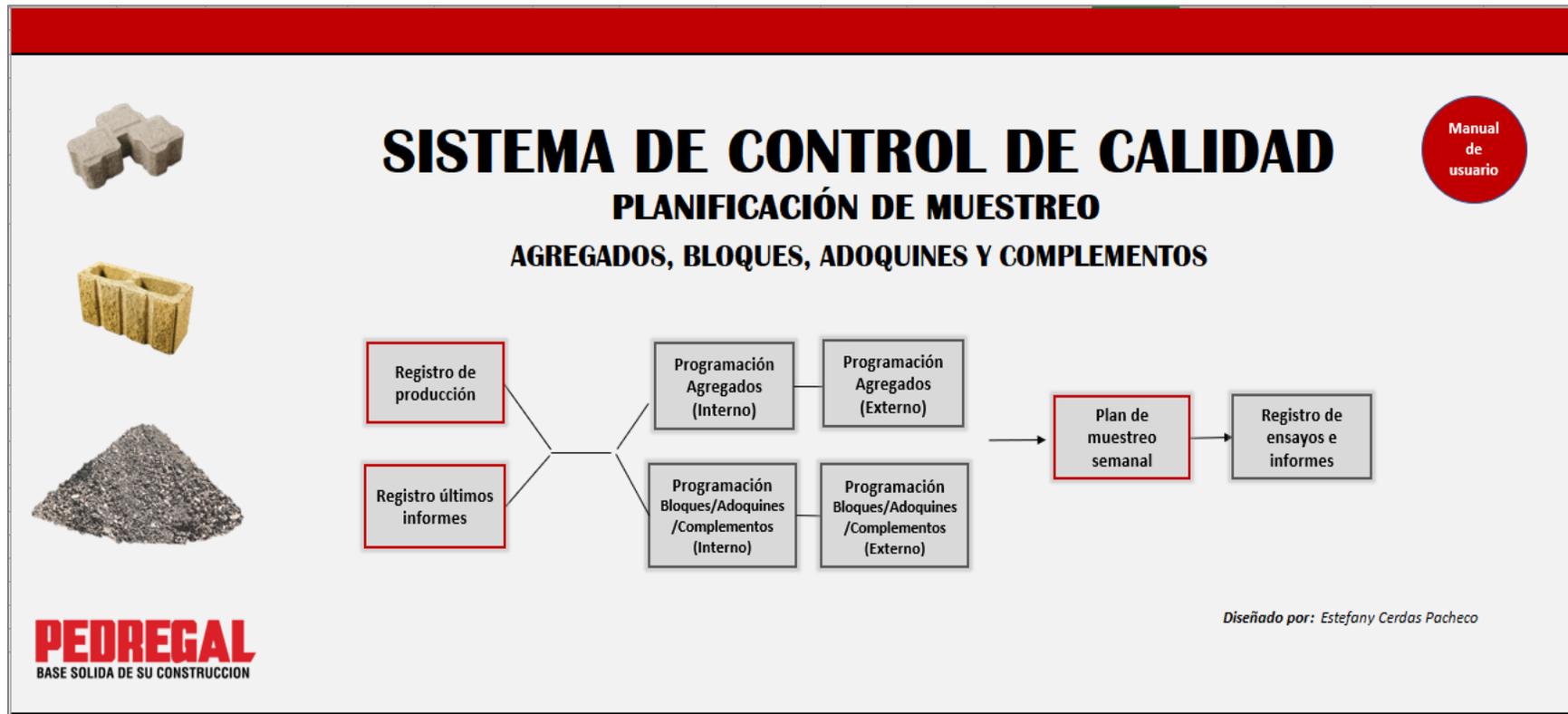
*Estudio de tiempos para el análisis de capacidad del Sistema de Control de Calidad de PEDREGAL*

<b>Estudio de tiempos</b>		Estudio num:								Fecha:				Página de								
		Operación:								Operador:				Observador:								
Número de elementos y descripción																						
Nota	Ciclo	C	LCr	TO	TN	C	LCr	TO	TN	C	LCr	TO	TN	C	LCr	TO	TN	C	LCr	TO	TN	
	1																					
	2																					
	3																					
	4																					
	5																					
	6																					
	7																					
	8																					
<b>RESUMEN</b>																						
T. Observado total																						
Calificación																						
T. Nivelado total																						
Num. Observaciones																						
T. Nivelado promedio																						
% Holguras																						
T. Estándar elemental																						
Frecuencia																						
Tiempo estándar																						
T. Estándar Total																						

<b>Cuadro de holguras</b>	
Holgura	%
Holgura Personal	
Fatiga básica	
Estar de pie	
Uso de fuerza	
Monotonía	
<b>TOTAL</b>	



Apéndice 6. Pantallas plantilla de planificación de muestreo



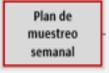
Fuente: Elaboración Propia

Figura 60. Menú principal, plantilla de planificación de muestreo

## ¿Cómo utilizar esta plantilla?

Menú

### Pasos:

1. Seleccione el botón  e ingrese el informe de producción semanal llenando solamente las celdas en color gris.
2. Revise con ayuda filtros el resultado de la programación en las 4 pantallas de programación de muestreo
3. Digite para cada programación de muestreo la fecha de ejecución de ensayo conveniente
4. Seleccione el botón  y genere el plan de muestreo semanal según la información generada en cada programación
5. Seleccione el botón  y actualice constantemente las fechas de últimos informes
6. Registre las fechas en las que fueron ejecutados el muestreo, ensayo y generado el informe de producción

**PEDREGAL**  
BASE SOLIDA DE SU CONSTRUCCION

**Fuente:** Elaboración Propia

*Figura 61. Manual de usuario, plantilla de planificación de muestreo*



# Registro de últimos informes

Menú

Favor ingresar solamente la fecha

INFORMES INTERNOS					INFORMES EXTERNOS				
Fecha	Familia	Producto	Centro producción	Tipo informe	Fecha	Familia	Producto	Centro producción	Tipo informe
	Agregados	Base	Belén	Interno		Agregados	Base	Belén	Externo
	Agregados	Sub base	Belén	Interno		Agregados	Sub base	Belén	Externo
	Agregados	Lastre	Belén	Interno		Agregados	Lastre	Belén	Externo
	Agregados	Arena de Tajo	Belén	Interno		Agregados	Arena de tajo	Belén	Externo
	Agregados	Arena de Rio	Belén	Interno		Agregados	Arena de Rio	Belén	Externo
	Agregados	Polvo de piedra / Arena Industrial	Belén	Interno		Agregados	Polvo de piedra / Arena Industrial	Belén	Externo
	Agregados	Cuarta	Belén	Interno		Agregados	Cuarta	Belén	Externo
	Agregados	Quinta	Belén	Interno		Agregados	Quinta	Belén	Externo
	Agregados	Base	Liberia	Interno		Agregados	Base	Liberia	Externo
	Agregados	Sub base	Liberia	Interno		Agregados	Sub base	Liberia	Externo
	Agregados	Lastre	Liberia	Interno		Agregados	Lastre	Liberia	Externo
	Agregados	Arena de Rio	Liberia	Interno		Agregados	Arena de Rio	Liberia	Externo
	Agregados	Polvo de piedra / Arena Industrial	Liberia	Interno		Agregados	Polvo de piedra / Arena Industrial	Liberia	Externo
	Agregados	Cuarta	Liberia	Interno		Agregados	Cuarta	Liberia	Externo
	Agregados	Quinta	Liberia	Interno		Agregados	Quinta	Liberia	Externo
	Agregados	Base	Nicoya	Interno		Agregados	Base	Nicoya	Externo
	Agregados	Sub base	Nicoya	Interno		Agregados	Sub base	Nicoya	Externo
	Agregados	Lastre	Nicoya	Interno		Agregados	Lastre	Nicoya	Externo
	Agregados	Arena de Rio	Nicoya	Interno		Agregados	Arena de Rio	Nicoya	Externo
	Agregados	Polvo de piedra / Arena Industrial	Nicoya	Interno		Agregados	Polvo de piedra / Arena Industrial	Nicoya	Externo
	Agregados	Cuarta	Nicoya	Interno		Agregados	Cuarta	Nicoya	Externo

Fuente: Elaboración Propia

Figura 63. Registro de últimos informes, plantilla de planificación de muestreo



Plan de muestreo					
Menú					
<b>PLAN DE MUESTREO SEMANAL</b> <b>PEDREGAL</b> <small>BASE SOLIDA DE SU CONSTRUCCION</small>					
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
23	24	25	26	27	28
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
30	1	2	3	4	5

Menú Registro de producción Registro de últimos informes Programación muestreo **Plan de muestreo** Registro ensayo e ii ...

**Fuente:** Elaboración Propia

*Figura 65. Plan de muestreo, plantilla de planificación de muestreo*



**Apéndice 7.** Lista de chequeo para evaluar la necesidad de equipo

**EVALUACIÓN DE NECESIDAD DE ADQUISICIÓN DE EQUIPO  
PARA LA TOMA DE MUESTRAS Y EJECUCIÓN DE ENSAYOS**

La evaluación que se presenta a continuación se encuentra basada en las condiciones estipuladas en las siguientes normas técnicas:

- INTE 06-02-32-09
- INTE 06-02-12-08
- INTE 06-02-13-2015
- INTE 06-02-14-06
- INTE 06-03-01-07
- INTE 06-04-01-06

<b>TOMA DE MUESTRA</b>				
<b>Tipo</b>	<b>Equipo necesario</b>	<b>Existe</b>	<b>Condición</b>	<b>Comentario</b>
Medida de dimensiones en bloques, adoquines y complementos	Pie de rey	si	buena	-
	Balanza	si	buena	-
Toma de muestra en agregados	Contenedor (sacos)	si	buena	-
	Palas	si	buena	-
Toma de muestra en bloques, adoquines y complementos	Carretillos	si	buena	-
	Tarimas	si	buena	-

<b>EJECUCIÓN DE ENSAYOS</b>				
<b>Tipo de producto</b>	<b>Equipo necesario</b>	<b>Existe</b>	<b>Condición</b>	<b>Comentario</b>
Resistencia a la compresión en bloques, adoquines y complementos	Máquina (prensa) de compresión	si	buena	-
	Sierra para corte de espécimen	si	buena	-
	Placas	si	buena	-

<b>EJECUCIÓN DE ENSAYOS</b>				
<b>Tipo de producto</b>	<b>Equipo necesario</b>	<b>Existe</b>	<b>Condición</b>	<b>Comentario</b>
Medida de dimensiones en bloques, adoquines y complementos	Pie de rey	si	buena	-
	Balanza	si	buena	-
Absorción en bloques y adoquines	Balanza con precisión 0,1%	si	buena	-
	Horno de secado que alcance $110 \pm 5$ °C	si	buena	Tiene muy poca capacidad para la cantidad de muestras que se deben ensayar diariamente
	Tanque de inmersión	si	buena	-
	Canasta para inmersión	si	buena	-
Flexión en adoquines	Máquina (prensa) de flexión	si	buena	-
	Placas de apoyo para adoquín	si	buena	-
	Barras de apoyo	si	buena	-
Granulometrías finas, mixtos y gruesos	Agitador de tamices	si	buena	-
	Tamices	si	buena	-
	Balanza con precisión 0,1%	si	buena	-
	Horno de secado que alcance $110 \pm 5$ °C	si	buena	Tiene muy poca capacidad para la cantidad de muestras que se deben ensayar diariamente

EJECUCIÓN DE ENSAYOS				
Tipo de producto	Equipo necesario	Existe	Condición	Comentario
Granulometrías finas, mixtos y gruesos	Contenedor para lavado	si	buena	-
	Pera o piseta	si	buena	-
	Cepillos de acero	si	buena	-
	Brochas	si	buena	-
	Bandejas contenedoras	si	buena	-
	Espátula	si	buena	-
Pesos unitarios	Varillas de compactación	si	buena	-
	Recipiente calibrado	si	buena	-
	Balanza con precisión 0,1%	si	buena	-
	Palas o cucharas medidoras	si	buena	-

**Nota:** Para realizar la evaluación de las condiciones de equipos como balanzas de precisión y pie de rey se tomó en consideración su estado físico y la última fecha de calibración de los mismos.

## Apéndice 8. Plantilla para evaluación 5s

### TABLA DE EVALUACIÓN 5S

Auditor: \_\_\_\_\_ Departamento auditado: \_\_\_\_\_

Área de trabajo auditada: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

ESCALA DE CALIFICACIÓN							
Se cumple en todas las áreas	5	Incumplimiento en un área	3	Incumplimiento en dos áreas	1	Incumplimiento en más de dos áreas	0
SEIRI – Clasificar							
Descripción				Calificación		Comentarios	
Las áreas de trabajo están libres de objetos sin uso							
Las herramientas e inmobiliario se encuentran en buen estado							
Los pasillos están libres de obstáculos							
Es difícil encontrar herramientas de forma inmediata							
Hay herramientas o equipo en lugares no asignados							

Suma:

SEITON – Organizar		
Descripción	Calificación	Comentarios
Las áreas de trabajo se encuentran debidamente identificadas		
Las herramientas y equipo carecen de un espacio asignado		
Los basureros cuentan con un lugar asignado y adecuado		
El equipo y herramientas se colocan en su lugar después de haber sido utilizados		

Suma:

SEISO – Limpieza		
Descripción	Calificación	Comentarios
El área de trabajo se encuentra limpia		
Las herramientas y equipo de trabajo se encuentran limpios		
El piso se encuentra libre de basura, líquidos o polvo		
Existen planes de limpieza estableciendo las fechas y el personal a cargo de cada área de trabajo		

Suma:

<b>SEIKETSU – Estandarizar</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Calificación</b>	<b>Comentarios</b>
El personal utiliza vestimenta y equipo de protección adecuado		
Todas las mesas de trabajo son iguales		
Las identificaciones existentes se encuentran actualizadas y son respetadas		
Las identificaciones y señalamientos existentes son iguales y estandarizados		

Suma:

<b>SHITSUKE – Autodisciplina</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Calificación</b>	<b>Comentarios y notas</b>
El personal conoce las 5s's, ha recibido capacitación al respecto		
Se aplica la cultura de las 5S's, se practican continuamente los principios de clasificación, orden y limpieza		
Se conocen públicamente los resultados del desempeño posterior a cada evaluación		

Suma:

### CALIFICACIÓN OBTENIDA

	<b>Pts Posibles (pp)</b>	<b>Pts obtenidos (po)</b>	<b>(po/pp X 100)</b>	<b>Calificación</b>
<b>SEIRI</b>	<b>25</b>			
<b>SEITON</b>	<b>20</b>			
<b>SEISO</b>	<b>20</b>			
<b>SEIKETSU</b>	<b>20</b>			
<b>SHITSUKE</b>	<b>15</b>			
<b>General</b>	<b>100</b>			

<b>Escala de Evaluación</b>		
<b>Letra</b>	<b>Rango</b>	<b>Calificación</b>
<b>A</b>	100% – 91%	Excelente
<b>B</b>	90% – 71%	Bueno
<b>C</b>	70% – 51%	Regular
<b>D</b>	50% - 0%	Insatisfactorio

**Apéndice 9.** Recibos de entrega y recibo de muestras



LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
CONTROL DE MUESTRAS RECIBIDAS

Fecha: \_\_\_\_\_

Centro de producción: \_\_\_\_\_

Muestra para laboratorio: Interno \_\_\_\_\_ Externo \_\_\_\_\_

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
Producto	Cantidad

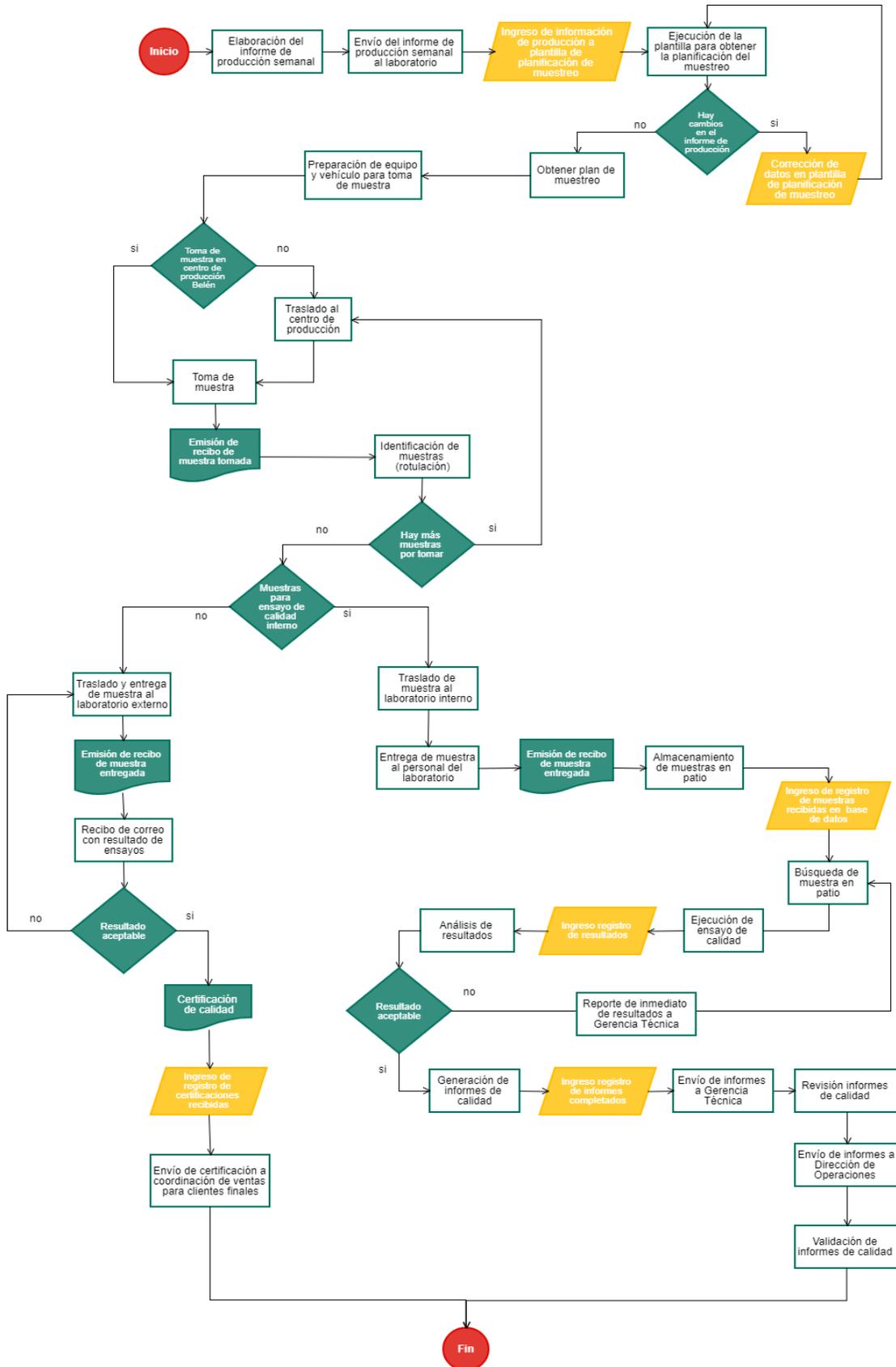
Muestra entregada por: \_\_\_\_\_

Muestra recibida por: \_\_\_\_\_

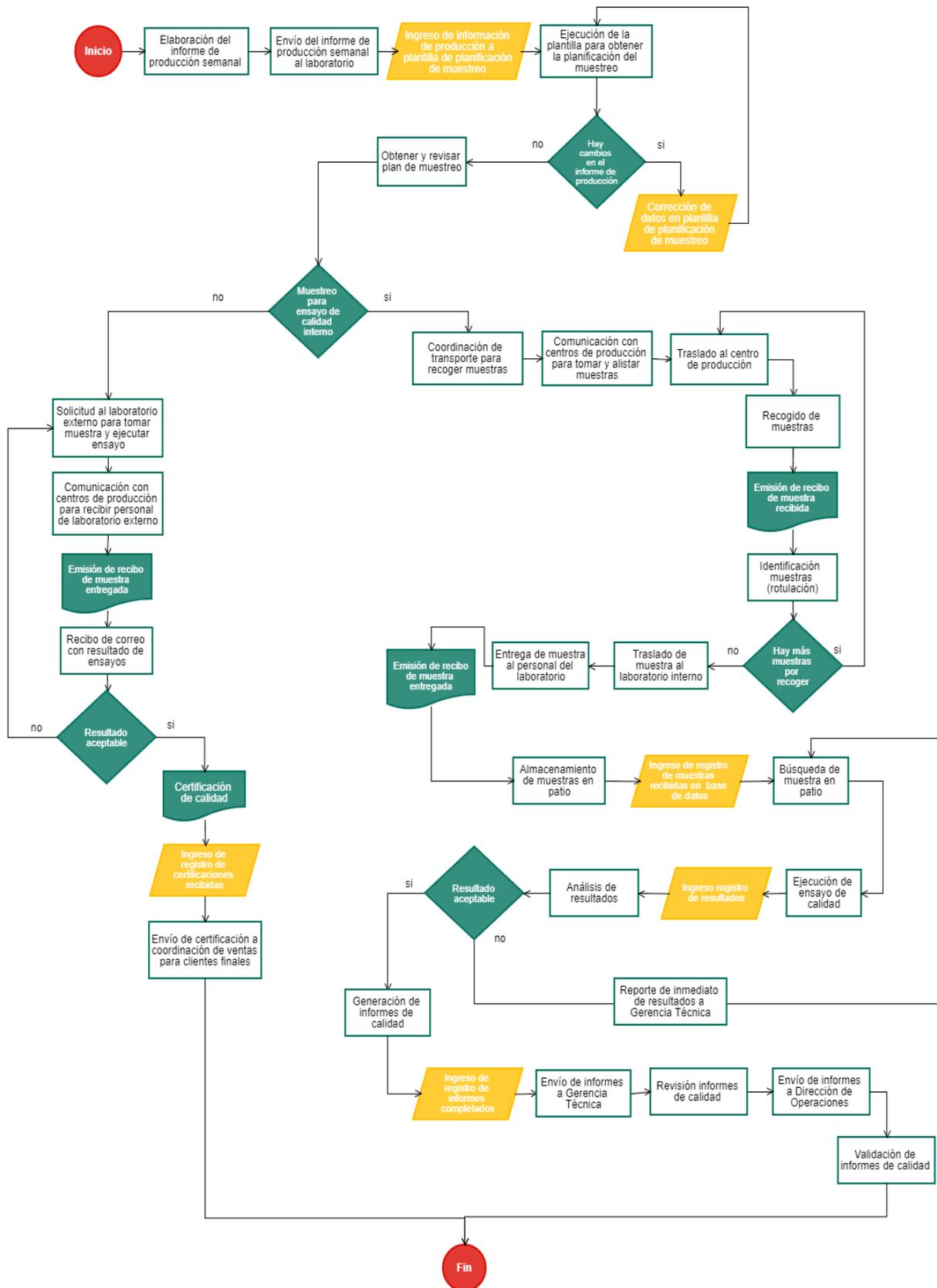
\_\_\_\_\_  
*Firma de quien entrega*

\_\_\_\_\_  
*Firma de quien recibe*

# Apéndice 10. Diagrama de flujo propuesta 1



## Apéndice 11. Diagrama de flujo propuesta 2



**Apéndice 12.** Resultado de estudio de tiempos

Ensayo de compresión para adoquines y complementos	Ingreso de muestra en patio	Traslado de muestra al laboratorio	Toma de dimensiones	Fallo	Limpieza superficie de fallo	Registro de resultados	Tiempo total (min)
		6,57	1,43	1,02	2,99	0,27	1,39

Ensayo de compresión para bloques	Ingreso de muestra en patio	Traslado de muestra al laboratorio	Toma de dimensiones	Fallo	Limpieza superficie de fallo	Registro de resultados	Tiempo total (min)
		7,00	1,69	2,61	3,61	0,71	1,70

Ensayo de flexión para adoquines y complementos	Ingreso de muestra en patio	Traslado de muestra al laboratorio	Toma de dimensiones	Acomodado de placas y Fallo	Limpieza superficie de fallo	Registro de resultados	Tiempo total (min)
		7,79	1,41	0,88	3,09	0,69	1,35

Ensayo de absorción para bloques	Ingreso de muestra en patio	Traslado de muestra al laboratorio	Toma de peso inicial e inmersión	Tiempo en agua	Toma de peso sumergido	Obtención SSS e ingreso al horno	Secado	Sacado del horno y enfriamiento	Toma de peso seco y registro	Tiempo total (min)
		6,93	1,45	0,52	1440,00	3,86	1,72	1440,00	196,33	0,85

Ensayo de absorción para adoquines	Ingreso de muestra en patio	Traslado de muestra al laboratorio	Toma de peso inicial e inmersión	Tiempo en agua	Toma de peso sumergido	Obtención SSS e ingreso al horno	Secado	Sacado del horno y enfriamiento	Toma de peso seco y registro	Tiempo total (min)
		7,21	1,38	0,36	1440,00	1,57	2,15	1440,00	153,36	0,51

Ensayo de peso unitario para agregados	Reducción de muestra e ingreso al horno	Secado	Sacado del horno y enfriamiento	Peso unitario suelto	Peso unitario envarillado	Cálculo de resultados	Tiempo total (min)
		16,05	1440,00	29,53	8,04	3,58	1,60

Ensayo de granulometría para agregado fino	Reducción de muestra e ingreso al horno	Secado	Sacado del horno y enfriamiento	Peso seco	Lavado e ingreso al horno	Secado	Sacado del horno y enfriamiento	Peso lavado	Tamizado	Suma de resultados	Tiempo total (min)
	11,34	1440,00	17,21	0,71	12,86	1440,00	19,00	0,65	17,12	0,72	<b>2959,61</b>

Ensayo de granulometría para agregado mixto	Reducción de muestra e ingreso al horno	Secado	Sacado del horno y enfriamiento	Peso seco	Lavado e ingreso al horno	Secado	Sacado del horno y enfriamiento	Peso lavado	Tamizado	Suma de resultados	Tiempo total (min)
	16,48	1440,00	23,56	0,68	29,34	1440,00	24,07	0,63	26,75	0,71	<b>3002,22</b>

Ensayo de granulometría para agregado grueso	Reducción de muestra e ingreso al horno	Secado	Sacado del horno y enfriamiento	Peso seco	Lavado e ingreso al horno	Secado	Sacado del horno y enfriamiento	Peso lavado	Tamizado	Suma de resultados	Tiempo total (min)
	15,34	1440,00	26,72	0,78	7,14	1440,00	30,05	0,75	10,85	0,71	<b>2972,34</b>

**Apéndice 13.** Resultado de flujo de análisis económico de propuesta #1

RUBRO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Salario Técnico de campo		₡ 7.621.729	₡ 7.708.616	₡ 7.796.495	₡ 7.885.375	₡ 7.975.268
Alquiler vehículo		₡ 7.099.140	₡ 7.215.566	₡ 7.333.901	₡ 7.454.177	₡ 7.576.426
Costo total		₡ 14.720.869	₡ 14.924.182	₡ 15.130.396	₡ 15.339.552	₡ 15.551.694
Inversión hornos de secado	₡ 5.686.257					
Flujo neto de efectivo	₡ 5.686.257					
VAN (6,70%)	₡ 62.440.186					
<b>VAC (VAN + Inversión)</b>	<b>₡ 68.126.442</b>					
<b>CAE</b>	<b>₡ 16.482.160,40</b>					

**Apéndice 14.** Resultado de flujo de análisis económico de propuesta #2

<b>RUBRO</b>	<b>AÑO 0</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 5</b>
Costo transporte laboratorio externo		₡ 3.377.000	₡ 3.432.383	₡ 3.488.674	₡ 3.545.888	₡ 3.604.041
<b>Costo total</b>		₡ 3.377.000	₡ 3.432.383	₡ 3.488.674	₡ 3.545.888	₡ 3.604.041
Inversión hornos de secado	₡ 5.686.257					
Costo de capacitación	₡ 742.902					
Flujo neto de efectivo	<b>₡ 6.429.159</b>					
VAN (6,70%)	₡ 14.393.344					
<b>VAC (VAN + Inversión)</b>	<b>₡ 20.822.503</b>					
<b>CAE</b>	<b>₡ 5.037.689,03</b>					





## **Apéndice 17.** Perfil breve de expertos evaluadores

### **Experto #1:** Ing. Diógenes Álvarez Solórzano

Ingeniero en Producción Industrial con Maestría en Administración de Negocios de la Universidad de Costa Rica con más de 11 años de experiencia docente y 18 años de experiencia profesional en el campo de la ingeniería Industrial. Asesor, consultor y dueño de la empresa SIEMECO, ex presidente y actual Vicepresidente de IISE Centro y Suramérica.

### **Experto #2:** Ing. Rubén Martínez Montero

Ingeniero Electrónico con una Maestría en Administración de empresas del Tecnológico de Costa Rica, más de 15 años de experiencia profesional en el área de calidad. Actual Ingeniero de Supervisión de Calidad en la empresa AGM Automotive Costa Rica.

### **Experto #3:** Ing. Jonathan Morales Arias

Ingeniero en Producción Industrial del Tecnológico de Costa Rica, con más de 11 años de experiencia profesional en temas Producción, Calidad, Logística y Almacenamiento y Contabilidad de Costos y Recursos Humanos. Actualmente desempeñándose como profesor universitario del Tecnológico de Costa Rica.

### **Experto #4:** Ing. Roy Azofeifa

Ingeniero Industrial de la Universidad Latina de Costa Rica, con 5 años de experiencia profesional en el área de control de la calidad. Actualmente desempeñándose como supervisor de Aduanas de Calidad en la empresa Bimbo de Costa Rica.

**Experto #5:** Ing. Juan José Valerio Vindas

Ingeniero en Producción Industrial del Tecnológico de Costa Rica, con más de 25 años de experiencia profesional y 25 años de experiencia como docente en el Tecnológico de Costa Rica.

## Apéndice 18. Calificación de los expertos

### Calificación otorgada por el experto #1: Ing. Diógenes Álvarez Solórzano

Criterios de evaluación	Calificación	
	Propuesta 1	Propuesta 2
1. Clara y eficiente estructuración del proceso	5	3
2. Satisfacción de las necesidades expuestas por el cliente interno	5	3
3. Solución a la problemática planteada	3	3
4. Aseguramiento del control de calidad de los productos	3	3
5. Adecuado flujo de información y recursos entre los departamentos involucrados en el sistema	5	5
	<b>21</b>	<b>17</b>

### Calificación otorgada por el experto #2: Ing. Rubén Martínez Montero

Criterios de evaluación	Calificación	
	Propuesta 1	Propuesta 2
1. Clara y eficiente estructuración del proceso	5	5
2. Satisfacción de las necesidades expuestas por el cliente interno	3	5
3. Solución a la problemática planteada	5	5
4. Aseguramiento del control de calidad de los productos	5	3
5. Adecuado flujo de información y recursos entre los departamentos involucrados en el sistema	5	5
	<b>23</b>	<b>23</b>

### Calificación otorgada por el experto #3: Ing. Jonathan Morales Arias

Criterios de evaluación	Calificación	
	Propuesta 1	Propuesta 2
1. Clara y eficiente estructuración del proceso	5	3
2. Satisfacción de las necesidades expuestas por el cliente interno	5	3
3. Solución a la problemática planteada	5	3
4. Aseguramiento del control de calidad de los productos	5	1
5. Adecuado flujo de información y recursos entre los departamentos involucrados en el sistema	5	5
	<b>25</b>	<b>15</b>

#### Calificación otorgada por el experto #4: Ing. Roy Azofeifa Chacón

Criterios de evaluación	Calificación	
	Propuesta 1	Propuesta 2
1. Clara y eficiente estructuración del proceso	5	3
2. Satisfacción de las necesidades expuestas por el cliente interno	5	1
3. Solución a la problemática planteada	5	3
4. Aseguramiento del control de calidad de los productos	3	3
5. Adecuado flujo de información y recursos entre los departamentos involucrados en el sistema	5	5
	<b>23</b>	<b>15</b>

#### Calificación otorgada por el experto #5: Ing. Juan José Valerio Vindas

Criterios de evaluación	Calificación	
	Propuesta 1	Propuesta 2
1. Clara y eficiente estructuración del proceso	5	3
2. Satisfacción de las necesidades expuestas por el cliente interno	3	5
3. Solución a la problemática planteada	5	1
4. Aseguramiento del control de calidad de los productos	5	3
5. Adecuado flujo de información y recursos entre los departamentos involucrados en el sistema	5	3
	<b>23</b>	<b>15</b>

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Tablas de calificación del Sistema Westinghouse

**Tabla 11.2** Sistema Westinghouse para calificar habilidades

+0.15	A1	Superior
+0.13	A2	Superior
+0.11	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Buena
+0.03	C2	Buena
0.00	D	Promedio
-0.05	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable
-0.16	F1	Mala
-0.22	F2	Mala

*Fuente:* Lowry, Maynard y Stegemerten (1940), p. 233.

**Tabla 11.3** Sistema Westinghouse para calificar el esfuerzo

+0.13	A1	Excesivo
+0.12	A2	Excesivo
+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.05	C1	Bueno
+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.04	E1	Aceptable
-0.08	E2	Aceptable
-0.12	F1	Malo
-0.17	F2	Malo

*Fuente:* Lowry, Maynard y Stegemerten (1940), p. 233.

**Tabla 11.4** Sistema Westinghouse para calificar las condiciones

+0.06	A	Ideal
+0.04	B	Excelente
+0.02	C	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.03	E	Aceptable
-0.07	F	Malo

*Fuente:* Lowry, Maynard y Stegemerten (1940), p. 233.

**Tabla 11.5** Sistema Westinghouse para calificar la consistencia

+0.04	A	Perfecta
+0.03	B	Excelente
+0.01	C	Buena
0.00	D	Promedio
-0.02	E	Aceptable
-0.04	F	Mala

*Fuente:* Lowry, Maynard y Stegemerten (1940), p. 233.

**Anexo 2.** Tablas de categorías según Modelo de Kano

**TABLA DE EVALUACIÓN**

		Requerimientos funcionales				
		Gusta	Debe estar	Neutral	Puedo vivir con esto	Me disgusta
Requerimientos disfuncionales	Gusta	Q	A	A	A	O
	Debe estar	R	I	I	I	M
	Neutral	R	I	I	I	M
	Puedo vivir con esto	R	I	I	I	M
	Me disgusta	R	R	R	R	Q

**Fuente:** Elaboración Propia con base en (Garro Chavarría , 2016)

CÓDIGO	DEFINICIÓN	EXPLICACIÓN
A	Atractivo	Corresponde a los requerimientos latentes o atractivos de la matriz
O	Una dimensión	Corresponde a los requerimientos proporcionales de la matriz
M	Debe estar	Corresponde a los requerimientos básicos de la matriz
I	Indiferente	La satisfacción del cliente no cambia si el atributo está presente o no está presente
R	Reverso	El efecto es contrario a lo que se pensaba
Q	Cuestionable	El cliente se contradice, puede que no haya entendido la pregunta o no entiende el requerimiento

**Fuente:** Elaboración Propia con base en (Garro Chavarría , 2016)

## TABLA DE EVALUACIÓN 5S

Auditor: \_\_\_\_\_ Departamento auditado: \_\_\_\_\_

Área de trabajo auditada: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

ESCALA DE CALIFICACIÓN							
Se cumple en todas las áreas	5	Incumplimiento en un área	3	Incumplimiento en dos áreas	1	Incumplimiento en más de dos áreas	0
SEIRI – Clasificar							
Descripción				Calificación		Comentarios	
Las áreas de trabajo están libres de objetos sin uso							
Las herramientas e inmobiliario se encuentran en buen estado							
Los pasillos están libres de obstáculos							
Es difícil encontrar herramientas de forma inmediata							
Hay herramientas o equipo en lugares no asignados							

Suma:

SEITON – Organizar			
Descripción		Calificación	Comentarios
Las áreas de trabajo se encuentran debidamente identificadas			
Las herramientas y equipo carecen de un espacio asignado			
Los basureros cuentan con un lugar asignado y adecuado			
El equipo y herramientas se colocan en su lugar después de haber sido utilizados			

Suma:

SEISO – Limpieza			
Descripción		Calificación	Comentarios
El área de trabajo se encuentra limpia			
Las herramientas y equipo de trabajo se encuentran limpios			
El piso se encuentra libre de basura, líquidos o polvo			
Existen planes de limpieza estableciendo las fechas y el personal a cargo de cada área de trabajo			

Suma:

<b>SEIKETSU – Estandarizar</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Calificación</b>	<b>Comentarios</b>
El personal utiliza vestimenta y equipo de protección adecuado		
Todas las mesas de trabajo son iguales		
Las identificaciones existentes se encuentran actualizadas y son respetadas		
Las identificaciones y señalamientos existentes son iguales y estandarizados		

Suma:

<b>SHITSUKE – Autodisciplina</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Calificación</b>	<b>Comentarios y notas</b>
El personal conoce las 5s's, ha recibido capacitación al respecto		
Se aplica la cultura de las 5S's, se practican continuamente los principios de clasificación, orden y limpieza		
Se conocen públicamente los resultados del desempeño posterior a cada evaluación		

Suma:

### CALIFICACIÓN OBTENIDA

	<b>Pts Posibles (pp)</b>	<b>Pts obtenidos (po)</b>	<b>(po/pp X 100)</b>	<b>Calificación</b>
<b>SEIRI</b>	<b>25</b>			
<b>SEITON</b>	<b>20</b>			
<b>SEISO</b>	<b>20</b>			
<b>SEIKETSU</b>	<b>20</b>			
<b>SHITSUKE</b>	<b>15</b>			
<b>General</b>	<b>100</b>			

<b>Escala de Evaluación</b>		
<b>Letra</b>	<b>Rango</b>	<b>Calificación</b>
<b>A</b>	100% – 91%	Excelente
<b>B</b>	90% – 71%	Bueno
<b>C</b>	70% – 51%	Regular
<b>D</b>	50% - 0%	Insatisfactorio