

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
INGENIERÍA INDUSTRIAL

**EVALUACIÓN DE RENTABILIDAD ECONÓMICA DEL
PROCESAMIENTO DE ARROZ A UNA HUMEDAD HASTA EL 11%,
ANTE EL 13% ACTUAL, PARA LA INDUSTRIA ARROCERA
NACIONAL DURANTE EL SEGUNDO SEMESTRE DEL AÑO 2019**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE
LICENCIATURA EN LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

SUSTENTANTE

Francisco Javier Gutiérrez Mena

Tutor

Ing. Ana Catalina Leandro Sandí

Puntarenas, enero de 2020

Carta del tutor

Puntarenas, 12 de enero de 2020

Destinatario
Carrera de Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Francisco Javier Gutiérrez Mena, cédula de identidad número 604010546, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "Evaluación de rentabilidad económica del procesamiento de arroz a una humedad hasta el 11%, ante el 13% actual, para la industria arrocera nacional durante el segundo semestre del 2019", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	15
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	25
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	17
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20
	TOTAL		87

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,

Ana Catalina
Leandro
Sandí

Firmado digitalmente
 por Ana Catalina
 Leandro Sandí
 Fecha: 2020.01.12
 22:59:15 -06'00'

Ana Catalina Leandro Sandí
Cédula identidad: 3-0398-0478
Carné Colegio Profesional: IPI-22762

Carta del lector

Heredía, 19 de febrero de 2020.

Señores

Registro

Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

El estudiante Francisco Javier Gutiérrez Mena, cédula de identidad 6-0401-0546 me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: "EVALUACIÓN DE RENTABILIDAD ECONÓMICA DEL PROCESAMIENTO DE ARROZ A UNA HUMEDAD HASTA EL 11%, ANTE EL 13% ACTUAL, PARA LA INDUSTRIA ARROCERA NACIONAL DURANTE EL SEGUNDO SEMESTRE DEL AÑO 2019", el cual ha elaborado para optar por el grado de Licenciatura.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente, lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y el análisis de datos; la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre estos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública posterior a la revisión del Filólogo establecida.

Atentamente,


Firma.....

Nombre del profesor...Federico Salazar Jiménez.

Cédula...1-0914-0803

Carné del Colegio 1782.

Carta del filólogo

Carta del filólogo

Esparza, 3 de abril de 2020

Señores:
Facultad de Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana
Puntarenas

Por este medio hago constar que he revisado y corregido la sintaxis, la morfología y la semántica del texto denominado: "EVALUACIÓN DE RENTABILIDAD ECONÓMICA DEL PROCESAMIENTO DE ARROZ A UNA HUMEDAD HASTA DEL 11%, ANTE EL 13% ACTUAL, PARA LA INDUSTRIA ARROCERA NACIONAL DURANTE EL SEGUNDO SEMESTRE DEL AÑO 2019", propiedad de FRANCISCO JAVIER GUTIÉRREZ MENA, el cual se ha presentado como requisito para optar por el grado académico de LICENCIATURA EN LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.

Cordialmente,



Lcda. Magdalena Venegas Porras
Filóloga
Carné 10785
Cédula 6-230-116

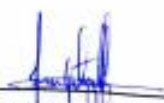
Declaración jurada

Yo Francisco Javier Gutiérrez Mena, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 6-0401-0546 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado:

Evaluación de rentabilidad económica del procesamiento de arroz a una humedad hasta el 11%, ante el 13% actual, para la industria azucarera nacional durante el segundo semestre del año 2019.

_____ es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 14 días del mes de enero del año dos mil veinte.



Firma del estudiante

Cédula: 6-0401-0546

Carta de autorización de los autores para la consulta

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION**

San José, 03-abril-2020


Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Francisco Javier Gutiérrez Mena con número de identificación 6-401-546 autor (a) del trabajo de graduación titulado Evaluación de rentabilidad económica del procesamiento de arroz a una humedad, hasta del 13%, ante el 13% actual para la industria arrocería nacional durante el segundo semestre del año 2019 presentado y aprobado en el año 2020, como requisito para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Industrial; (SKI NO) autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,


6-401-546
Firma y Documento de Identidad

Acta de aprobación



Defensa del Trabajo Final de Graduación Acta de Graduación

Ante el Tribunal Calificador de la Universidad Hispanoamericana, integrado por: Ing. Cordoba Perez Diana Francella representación de Director(a) de carrera de Licenciatura en **Ingeniería Industrial**, Ing. Leandro Sandi Ana Catalina Tutor(a), y Ing. Salazar Jimenez Federico Antonio, lector (a), se presenta el postulante **GUTIERREZ MENA FRANCISCO JAVIER**, cédula de identidad **6-0401-0546** hace defensa pública de su trabajo final de graduación titulado: "**EVALUACIÓN DE RENTABILIDAD ECONÓMICA DEL PROCESAMIENTO DE ARROZ A UNA HUMEDAD HASTA EL 11%, ANTE EL 13% ACTUAL, PARA LA INDUSTRIA ARROCERA NACIONAL DURANTE EL SEGUNDO SEMESTRE DEL AÑO 2019**" una vez escuchada la exposición del postulante y habiendo procedido al período de preguntas por parte de los miembros del Tribunal, se procede en privado a la deliberación de rigor y se concluye que el estudiante **GUTIERREZ MENA FRANCISCO JAVIER** ha aprobado su requisito de graduación con un puntaje de 91.6 en la escala de 0 a 100. Firmado en la Universidad el día: 04 de enero del 2021.

Director(a) de Carrera:

Tutor(a):

Ana Catalina Leandro Sandi

Firmado digitalmente por Ana Catalina

Leandro Sandi

Fecha: 2021.01.04 22:07:09 -0600

Lector(a):

Estudiante:

DEDICATORIA

Todo lo que he alcanzado hasta el momento se lo dedico a DIOS, pues me ha regalado todos los días posibles para poder culminar con esta etapa de la vida.

A mi madre, entre ella y yo sabemos el esfuerzo a lo largo de los años para poder cumplir el sueño de convertirme en profesional. Su amor, dedicación y sacrificios hacen que este logro no sea mío sino de AMBOS.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todos mis familiares que con el pasar de los años, de una u otra forma, me han ayudado para que continuara con mis estudios; a mis profesores de carrera por todo su empeño brindado, y por supuesto a mi tutora Ing. Ana Catalina Leandro Sandí, por todo el apoyo brindado durante la realización del proyecto.

A don Víctor Muñoz Ramírez por haberme colocado dentro de la empresa Cooparroz en Parrita para desarrollar el proyecto de graduación y, por último, a todo el personal de esta empresa quienes en todo momento me brindaron su tiempo y recursos.

TABLA DE CONTENIDOS

Contenido	
Carta del tutor	ii
Carta del lector	iii
Carta del filólogo	iv
Declaración jurada	v
DEDICATORIA	viii
AGRADECIMIENTOS	ix
TABLA DE CONTENIDOS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE TABLAS	xvii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xviii
RESUMEN GERENCIAL	xix
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	xxi
1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	22
1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA	24
1.2.1 Misión	26
1.2.2 Visión	26
1.2.3 información general del proceso productivo	27
1.2.3.1 Proceso general de producción de arroz pilado	27
1.2.4 Estructura organizativa de Cooparroz	33
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	34
1.3.1 Definición del problema	34
1.3.2 Justificación del problema	35
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO	36

1.4.1 Objetivo general.....	36
1.4.2 Objetivos específicos.....	36
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES	37
1.5.1 Alcances	37
1.5.1.1 Temporal.....	37
1.5.1.2 Geográfico	37
1.5.1.3 De proceso.....	37
1.5.2 Limitaciones	38
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	39
2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA.....	40
2.1.1 Proceso.....	40
2.1.2 Humedad en granos	42
2.1.3 Productividad	43
2.1.4 Diseño de experimentos.....	44
2.1.5 Rentabilidad.....	46
2.1.6 Planeación del proyecto.....	47
2.1.7 Desarrollo del proyecto	47
2.1.8 Implementación del proyecto.....	48
2.1.9 Controles del proyecto	49
2.1.10 Evaluación del proyecto.....	49
2.2 MARCO CONCEPTUAL RELATIVO A LA GESTIÓN DEL PROYECTO	50
2.2.1 Definir	50
2.2.2 Medir	51
2.2.3 Analizar	51
2.2.3.1 Lluvia de ideas.....	52
2.2.3.2 Ishikawa.....	52

2.2.3.3 Mapeo de procesos	53
2.2.3.4 Gráficas de control	54
2.2.3.5 Diseño de experimentos	55
2.2.3.6 Pruebas de hipótesis	55
2.2.3.7 Diagramas de dispersión	55
2.2.3.8 Diagrama de correlación	56
2.2.4 Mejorar	57
2.2.4.1 Técnica de creatividad.....	57
2.2.4.2 Hojas de verificación.....	58
2.2.4.3 Poka yoke.....	59
2.2.5 Controlar	60
2.3 MARCO CONCEPTUAL RELATIVO AL IMPACTO DEL PROYECTO.....	61
2.3.1 Valor actual neto (VAN)	62
2.3.2 Tasa interna de rentabilidad (TIR).....	63
2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS SIMILARES	65
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	67
3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	68
3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO	72
3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	74
3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS.....	76
CAPÍTULO IV. LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS	79
4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DENTRO DE COOPARROZ	80
4.1.1 Descripción general de la situación actual dentro de la empresa.	80
4.1.2 Descripción de la situación actual dentro del área de laboratorio.	83

4.1.3 Descripción de la situación actual dentro del área de secado	87
4.1.3.1 Brainstorming: ¿Procesamiento de arroz con una humedad de almacenamiento en silo de hasta un 11%?	92
4.1.3.2 Diagrama flujo área secado.....	95
4.1.3.3 Distribución en planta del área de secado.....	100
4.1.4 Causas que afectan o contribuyen al problema	103
4.1.4.1 Diagrama de Ishikawa del proyecto	106
4.1.4.2 Diagrama de Pareto del proyecto	113
4.1.5 Conclusiones del diagnóstico dentro del área bajo estudio	116
CAPÍTULO V. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	118
5.1 PROPUESTA 1. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO PARA EL ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROCESAMIENTO DE ARROZ HASTA UN 11% DE HUMEDAD FRENTE AL 13% ACTUAL.....	119
5.1.1 Diseño de experimentos: análisis de varianza de un factor (ANOVA).....	119
5.1.1.1 Registro de los resultados en las muestras.....	121
5.1.1.2 Agrupación de datos.....	122
5.1.1.3 prueba de hipótesis ANOVA de un factor	122
5.1.2 Resultados del estudio	124
5.1.3 Análisis económico	126
5.1.3.1 Beneficios	126
5.1.3.2 Costos	128
5.1.3.3 VAN/TIR del proyecto.....	130
5.1.4 Aseguramiento, control y seguimiento del proyecto	132
5.1.5 Conclusiones de la implementación y control	133
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	134
6.1 CONCLUSIONES.....	135
6.2 RECOMENDACIONES.....	138

Bibliografía	139
Apéndice 1. Agricultores socios de Cooparroz	143
Apéndice 2. Máquinas a escala dentro del laboratorio	144
Apéndice 3. Minutas	146
Apéndice 4. Muestras	149
Apéndice 5. Hoja Excel de la prueba de hipótesis por pasos	153
Apéndice 6. Cálculo del VAN/TIR	154
Apéndice 7. Hoja de Cálculo para rendimientos del grano	155
Apéndice 8. Priorización de causas para generar diagrama de Pareto	156

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Planta de Cooparroz, Parrita.....	25
Figura 2 Recepción y almacenaje de arroz en granza	28
Figura 3 Pilado de arroz en granza	30
Figura 4 Empaque de arroz pilado.....	31
Figura 5 Despacho de arroz pilado y empacado.....	32
Figura 6 Despacho de arroz pilado y empacado.....	33
Figura 7 Ciclo de los procesos	41
Figura 8 Diagrama de Ishikawa.....	53
Figura 9. Ejemplo diagrama de dispersión	56
Figura 10 Ejemplo de hoja de verificación.....	59
Figura 11 Tasa de pérdida de peso en función del sistema y humedad de almacenamiento	66
Figura 12 Instrumento para toma de muestras.....	84
Figura 13. Instrumento para determinar humedad e impurezas en la muestra.....	85
Figura 14 Silos de recibo.....	87
Figura 15 Hoja de verificación proceso de secado	90
Figura 16 Gráfico basado en muestra obtenida en la hoja de verificación del 04/10/19 ...	91
Figura 17 Diagrama actual de flujo en el área de secado.....	95
Figura 18. Diagrama propuesto de flujo en el área de secado	98
Figura 19. Distribución en planta del área de secado.	100
Figura 20 Motón: medidor de humedad.....	101
Figura 21. Diferencia de peso.....	105
Figura 22. Análisis de causa-diagrama de Ishikawa.....	106

Figura 23. Pareto del proyecto	114
Figura 24 Tabla ANOVA.....	120
Figura 25 Regiones críticas y valor crítico.....	124

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen del punto 3.1: Definir	69
Tabla 2. Resumen del punto 3.2: Medir	71
Tabla 3. Resumen del punto 3.3: Analizar	73
Tabla 4 Resumen del punto 3.4: Mejorar	75
Tabla 5. Resumen del punto 3.5: Controlar.....	78
Tabla 6 Precios del arroz entero versus quebrado, en quintales.....	81
Tabla 7 Priorización de causas: Pareto	113
Tabla 8 Resultados de humedad en las muestras	121
Tabla 9 Datos agrupados	122
Tabla 10 Prueba de hipótesis en hoja de Excel	123
Tabla 11 Peso promedio muestras en pilado	125
Tabla 12 Rendimiento promedio en grano entero de las muestras.....	125
Tabla 13 Ingreso en colones rendimiento entero al 11%	126
Tabla 14 Rentabilidad por kilo de entero extra al 11%	127
Tabla 15 Ahorro mensual en almacenamiento	128
Tabla 16 Costos de inversión inicial	129
Tabla 17 Gastos mensuales promedio.....	129
Tabla 18 Acumulado de inflación en Costa Rica	131
Tabla 19 VAN/TIR del proyecto.....	132

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Fórmula de la rentabilidad	44
Ecuación 2 Fórmula para el cálculo del VAN	62
Ecuación 3 Fórmula para cálculo del TIR.....	64

RESUMEN EJECUTIVO

Gutiérrez, Francisco J. (2020). *Evaluación de rentabilidad económica del procesamiento de arroz a una humedad de hasta el 11%, ante el 13% actual, para la industria arrocera nacional durante el segundo semestre del año 2019.*

Universidad Hispanoamericana, Puntarenas, Costa Rica: (Tesis de Licenciatura).

El proyecto trata sobre la aceptación o rechazo de la prueba de hipótesis y posterior análisis económico presentado, que indicaría si existe una diferencia considerable, en cuanto al peso perdido del arroz y mejora en rendimiento de entero, cuando este es procesado a una humedad aproximada de 11%, frente al 13% de humedad actual, con la cual es procesado. El estudio se realizó en la empresa arrocera Cooparroz, ubicada en la zona de Parrita, Puntarenas.

En el desarrollo de la línea base se pudo determinar que la exposición prolongada del grano en la etapa de secado, determina, aparte de la disminución en su humedad ideal para procesar, una pérdida de peso. Se aplica el diseño experimental, mediante un análisis ANOVA de un factor, donde la hipótesis nula es descartada de forma contundente, lo cual permite la aceptación de la hipótesis alterna.

La solución determina que, al procesar la materia prima con un aproximado de 11% de humedad, se muestra mejor rendimiento en granos enteros y con ello, el resultado económico posterior para la empresa en donde el estudio es realizado, fue favorable.

Al analizar los beneficios de la propuesta se obtiene, dentro del ámbito económico, la aceptación del proyecto una vez considerados los montos en colones obtenidos al procesar granos hasta un 11% y también los costos implícitos. En cuanto se da la implementación del proyecto, el VAN genera un monto positivo por ₡154, 050,080.06 colones y la TIR de 40014% sobre la inversión inicial; al ser resultados positivos se acepta el proyecto, no sin antes haber determinado un incremento monetario mensual en el rendimiento de grano entero al 11% de humedad del 5.59%, con respecto al rendimiento de 13% y una utilidad neta mensual esperada de ₡28, 798,350 colones.

En conclusión, se puede decir que los montos positivos que arroja la implementación del proyecto son beneficiosos para Cooparroz (y cualquier arrocera nacional), por encima de los costos finales. La propuesta de producción a un 11% de humedad en el grano, no implica mayores cambios, más que un reajuste en los tiempos de secado.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto como tal, surge de un hecho que ha pasado dentro del sector arrocero nacional donde, debido a que algunas industrias de este tipo procesan el arroz al 13 % de humedad (que es lo recomendado por conarroz), se generan resultados directos en el grano, tanto en peso, como en porcentajes de enteros y quebrados a la hora de que se clasifican.

Para explicarlo mejor, al inicio el grano con todo y su cáscara llega al silo de recibo, donde es secado por aproximadamente 12 horas; luego de obtener la humedad deseada del 13%, se envía a los silos de almacenamiento, donde permanecerá por espacio de 2 a 3 meses, mientras pasa por una etapa llamada *maduración del grano*.

Ha habido casos y estudios preliminares de que procesar el arroz hasta el 11% tiene resultados positivos en el porcentaje de entero del grano (excepto por pérdida de peso) en comparación al mismo procedimiento pero al 13% recomendado, pero no hay uno que lo verifique y menos una evaluación económica que justifique como viable esta práctica de procesamiento en el entorno arrocero nacional. Esto es una carencia importante, pues la pérdida de peso en la industria, es un factor importante de tomar en cuenta.

Se plantea el estudio y la evaluación económica final para ver si el procesamiento de arroz con humedad del/o cercana al 11%, mediante pruebas de laboratorio, es conveniente para el sector; se busca conocer el % en rendimiento de granos enteros, tomando en cuenta la pérdida de peso que se sufre, ante el

método actual de secado del arroz, el cual es pilado con humedad del 13%, catalogado como el porcentaje ideal para poder procesar el grano, hasta su destino final, que es el consumidor.

En un inicio, ya explicado el proceso con detalle, se designarán los recursos propios y necesarios para la evaluación del proyecto, responsabilidades; se hará el planteamiento inicial del desarrollo de un diseño de experimentos pertinente, con ajuste a los resultados por obtener en el proceso, en cuanto a capacidad productiva, costo/beneficio del producto, con aplicación y desarrollo de herramientas de ingeniería necesarias, así como la prueba de hipótesis respectiva. Se busca determinar si el procesamiento de arroz al 11% de humedad es una opción económicamente favorable en la industria.

1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

Se dice que, por ahí del año 2000, los productores de arroz de la Región del Pacífico Central sumaron esfuerzos y se proyectaron para formar la Cooperativa de Agricultores de la Región del Pacífico Central; esta iniciativa obedeció a la necesidad de asociarse con intención de hacer menos pesada la carga de sembrar arroz, para solventar los graves problemas de los altos costos de producción, de comercialización, mercadeo, asistencia tecnológica y administrativa.

El 31 de enero del 2001 se constituye la Cooperativa Agrícola e Industrial de Productores de Arroz del Pacífico Central de Responsabilidad Limitada, denominada con las siglas COOPARROZ R.L. según consta en el Departamento de Organizaciones Sociales del Ministerio de Trabajo, bajo la Cédula Jurídica N° 3-004-229407.

En marzo de 2003 se compran el terreno y las instalaciones de la Planta Industrial de Arroz de Playón Sur, la cual se ha ido fortaleciendo y mejorando, hasta obtener equipo, maquinaria y materiales que le han permitido aumentar el nivel de producción y eficiencia.

En el 2004 se inició la construcción de 2 silos adicionales en la Planta Industrial de Playón Sur, de 64.000 quintales, con lo cual se incrementó la capacidad de almacenamiento. La adquisición de la planta industrial verticalizó la actividad para los asociados, hasta convertirlos en arroceros industriales, lo cual les permite participar en la venta de arroz blanco en el mercado nacional, con la marca de "Arroz CooParriteño".

Dentro de los beneficios de la cooperativa, se encuentran:

- Reducción de costos por compra de volumen.
- Asesoría técnica en el cultivo de arroz.
- Facilidades de crédito por el respaldo de la Cooperativa.
- Planta Industrial de Arroz, propiedad de la Cooperativa.
- Cuota de arroz importado por compra de arroz nacional.
- Ganancias extras al industrializar el arroz del asociado.
- Facilidades en trámites.
- Consolidación de la cooperativa y, por tanto, de los asociados en relación con la comunidad parriteña y en general, a nivel nacional.
- Fuente de empleo directa (19 colaboradores).



Figura 1 Planta de Cooparroz, Parrita

Fuente: Recuperado de Cooparroz, 2019

1.2.1 Misión

En Coparroz definen la misión enfocada en el esfuerzo de todos aquellos colaboradores que se unen con el fin de salir adelante día a día, dentro de este aspecto se afirma que: “Somos una Cooperativa creada con el esfuerzo de agricultores y comprometidos con la Sociedad, unidos para una mayor producción a un menor costo, acorde con los principios Cooperativos de ayuda mutua, democracia, igualdad, equidad y solidaridad” (ANINSA, 2015, párr.7).

1.2.2 Visión

Cooparroz maneja su visión enfocada en el liderazgo dentro del sector correspondiente, así como buscar la satisfacción de objetivos planteados para miembros y clientes; buscan: “Ser la Empresa Cooperativa Líder en el Sector Agrícola e Industrial de Productores de Arroz del Pacífico Central, propiciando el desarrollo y satisfacción de clientes y asociados” (ANINSA, 2015, párr.6).

1.2.3 Información general del proceso productivo

1.2.3.1 Proceso general de producción de arroz pilado

El proceso de industrialización del arroz en Costa Rica, se puede desglosar en términos generales, en cuatro fases.

a) Recibo y almacenamiento de arroz en granza (ver figura 2. Recepción y almacenaje de arroz en granza), se observan los siguientes pasos:

1. Registro de peso de granza húmeda (romana camionera).
2. Muestreo previo de arroz recibido (chuceo) para análisis inicial de granza recibida.
3. Tolva de recibo (incluye equipo mecánico de movimiento).
4. Pre-limpieza (scalper, ciclones, zarandas).
5. Silo de Reposo.
6. Secadoras.
7. Pre-limpieza (scalper, ciclones, zarandas).
8. Registro de peso de arroz secado (medidores de flujo o romanas de paso).
9. Silos de almacenamiento (incluye equipo mecánico de movimiento).

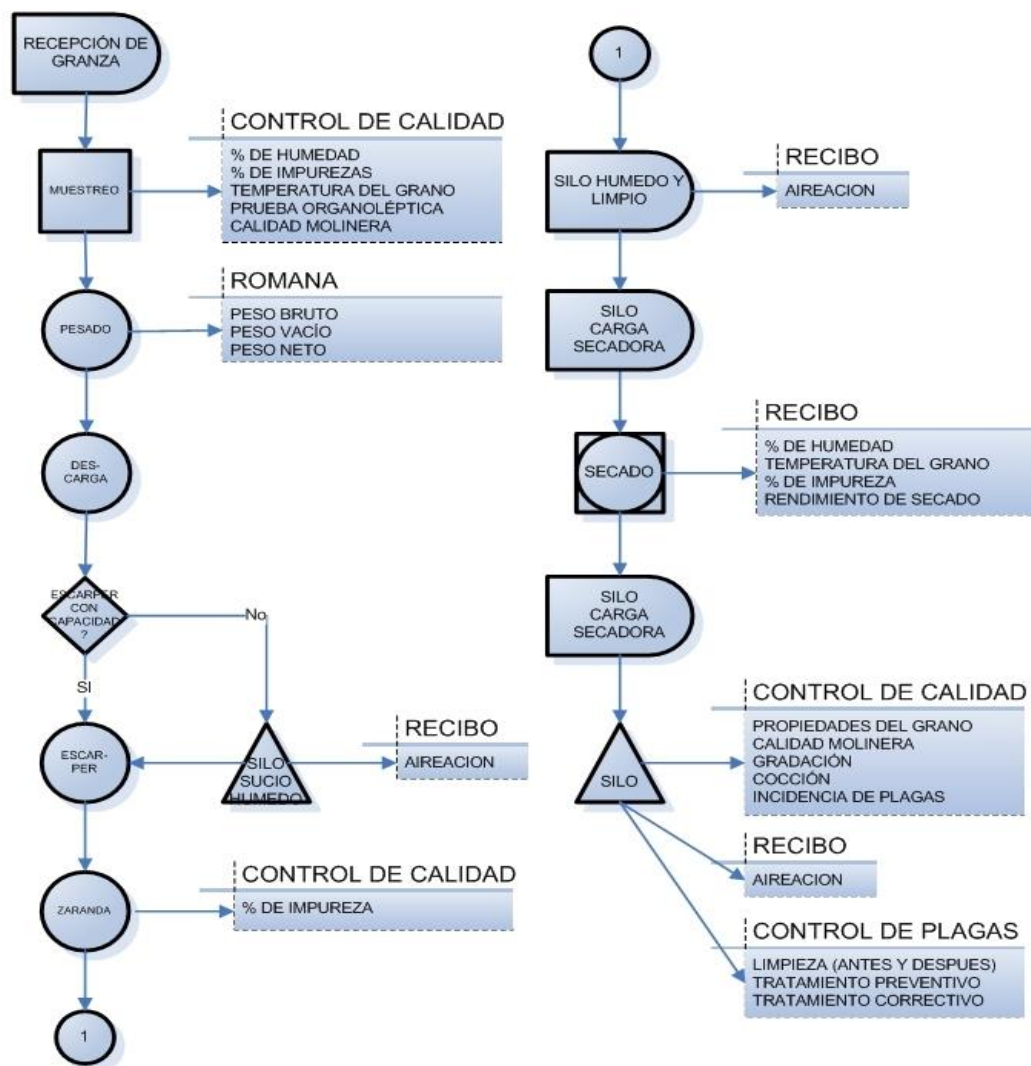


Figura 2 Recepción y almacenaje de arroz en granza

Fuente: Procedimiento interno Cooparroz

b) Pilado de arroz en granza (ver figura 3. Pilado de arroz en granza), se observan los siguientes pasos:

10. Registro de peso de arroz ingresado al pilado (medidores de flujo o romanas de paso).
11. Pre-limpieza (scalper, ciclones, zarandas).

12. Descascaradoras (con respectiva tolva).
13. Mesas Paddy (con respectiva tolva).
14. Clasificadores tipo Sizer (eliminación de grano rojo, verde, otros, con respectiva tolva).
15. Pulido piedra (con respectiva tolva).
16. Pulido fricción (con respectiva tolva).
17. Registro de peso de arroz pilado (medidores de flujo o romanas de paso).
18. Clasificadores de arroz pilado por tamaño (zarandas, clasificadores alveolados, clasificadores de tambor, otros, con la respectiva tolva).
19. Seleccionadoras electrónicas para arroz quebrado.
20. Tolvas para arroz clasificado por tamaño.
21. Dosificadoras volumétricas o gravimétricas según tamaño de grano (entero, $\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{2}$ grano).
22. Seleccionadoras electrónicas para mezclas de arroz según calidad por empacar.
23. Dosificadora de vitaminas.

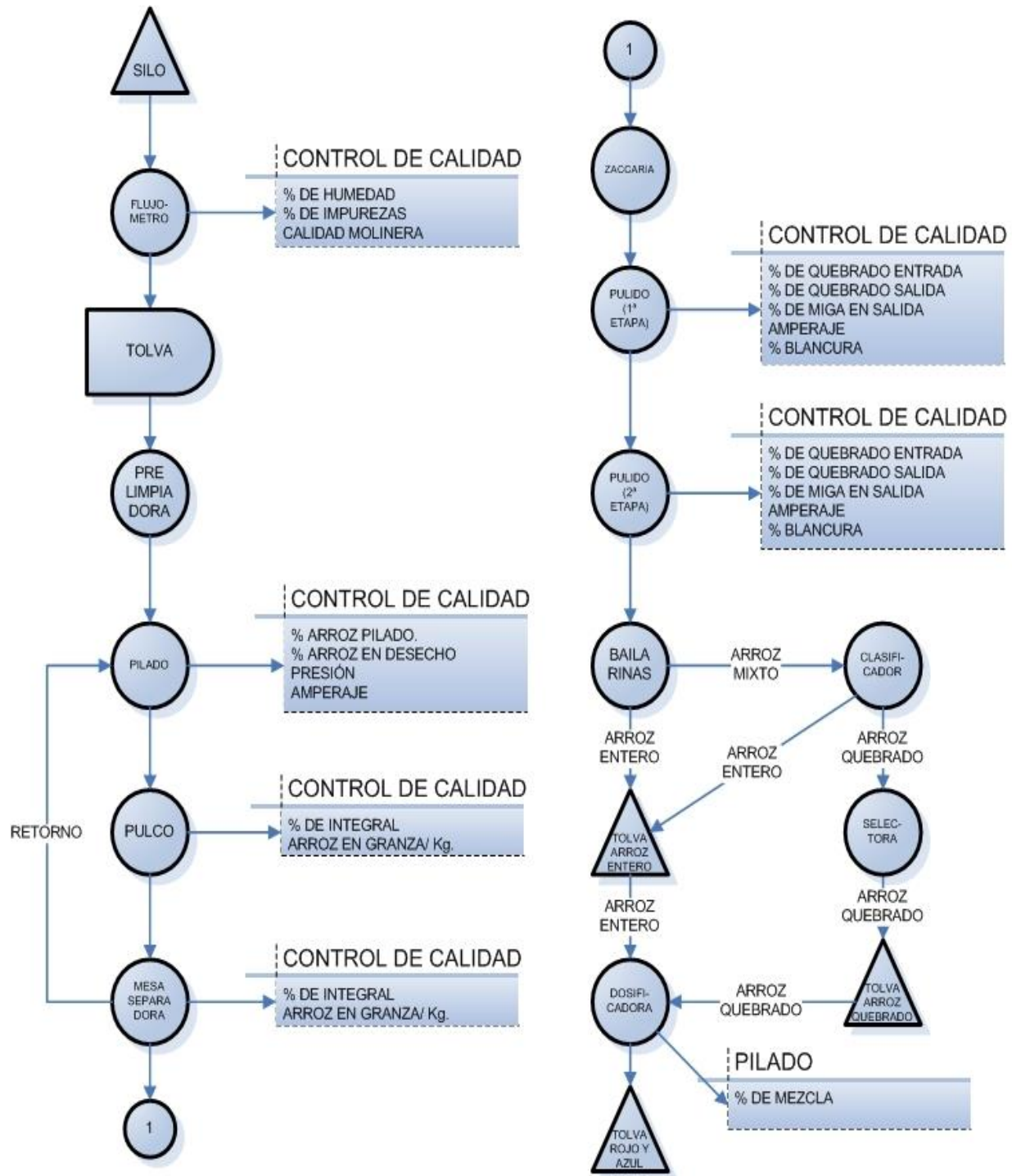


Figura 3 Pilado de arroz en granza

Fuente: Procedimiento interno Cooperroz

c) Empaque de arroz pilado (ver figura 4. Empaque de arroz pilado), se observan los siguientes pasos:

24. Máquina empacadora mecánica o de saquitos (con su respectiva tolva).

25. Máquina enfardadora o empaque manual de fardos o bultos.

26. Máquina paletizadora.

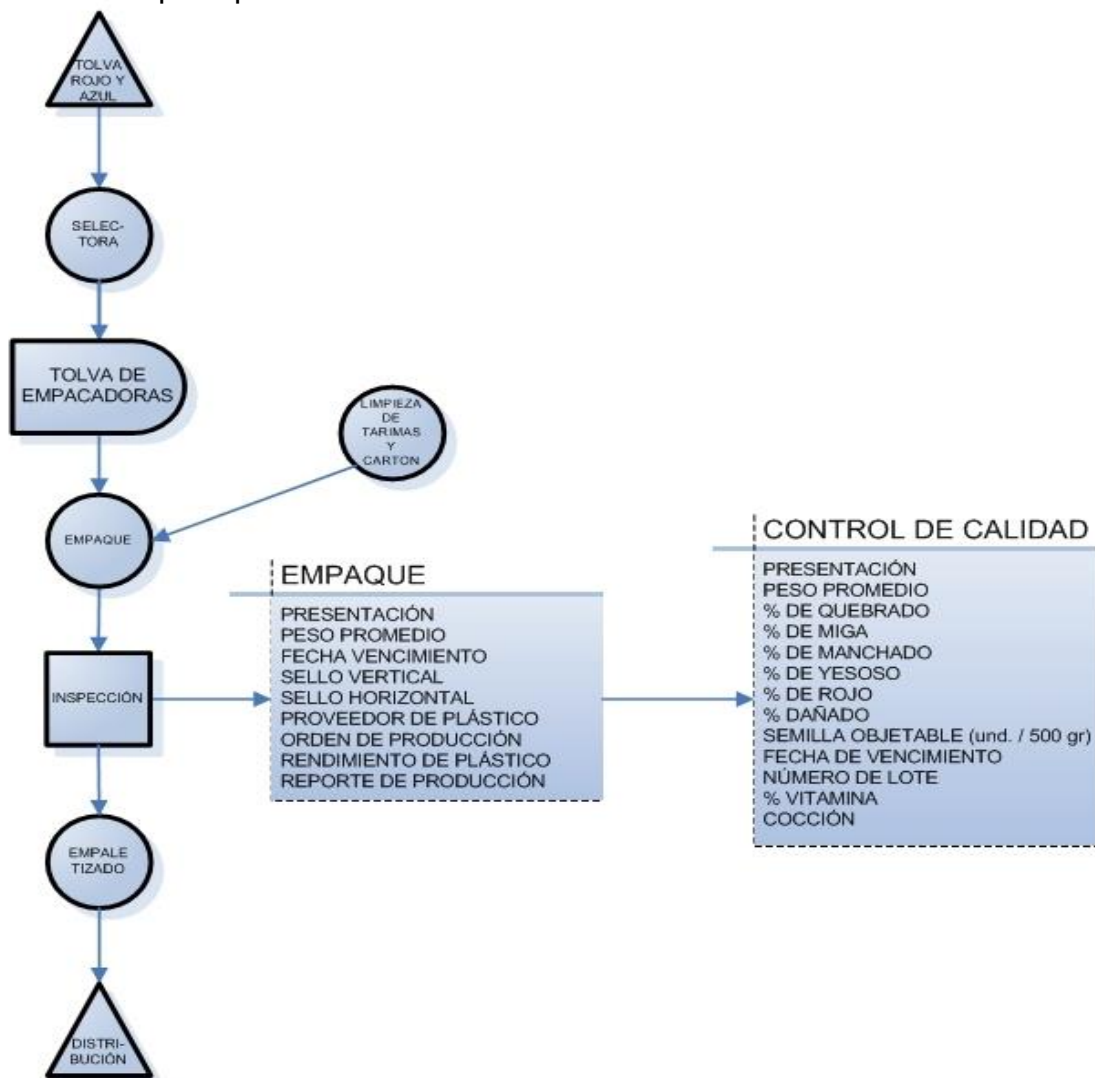


Figura 4 Empaque de arroz pilado

Fuente: Procedimiento interno Cooperroz

d) Despacho de arroz pilado empacado (ver figura 5. Despacho de arroz pilado y empacado), se observa el siguiente paso:

27. Romana tarimera (en caso de ser necesario verificación de peso de producto empacado entrante o saliente a planta).

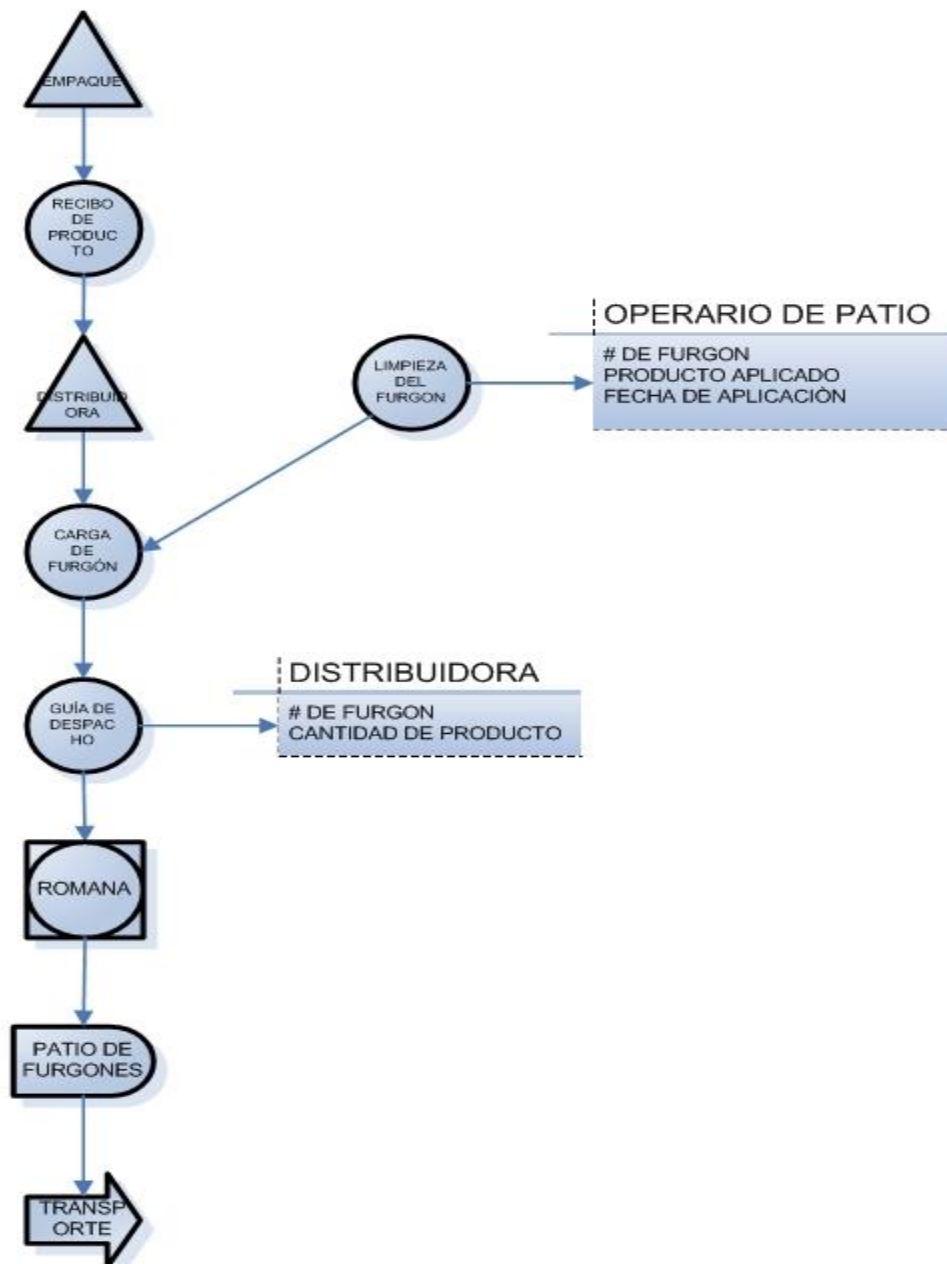


Figura 5 Despacho de arroz pilado y empacado

Fuente: Procedimiento interno Cooparroz

1.2.4 Estructura organizativa de Cooparroz

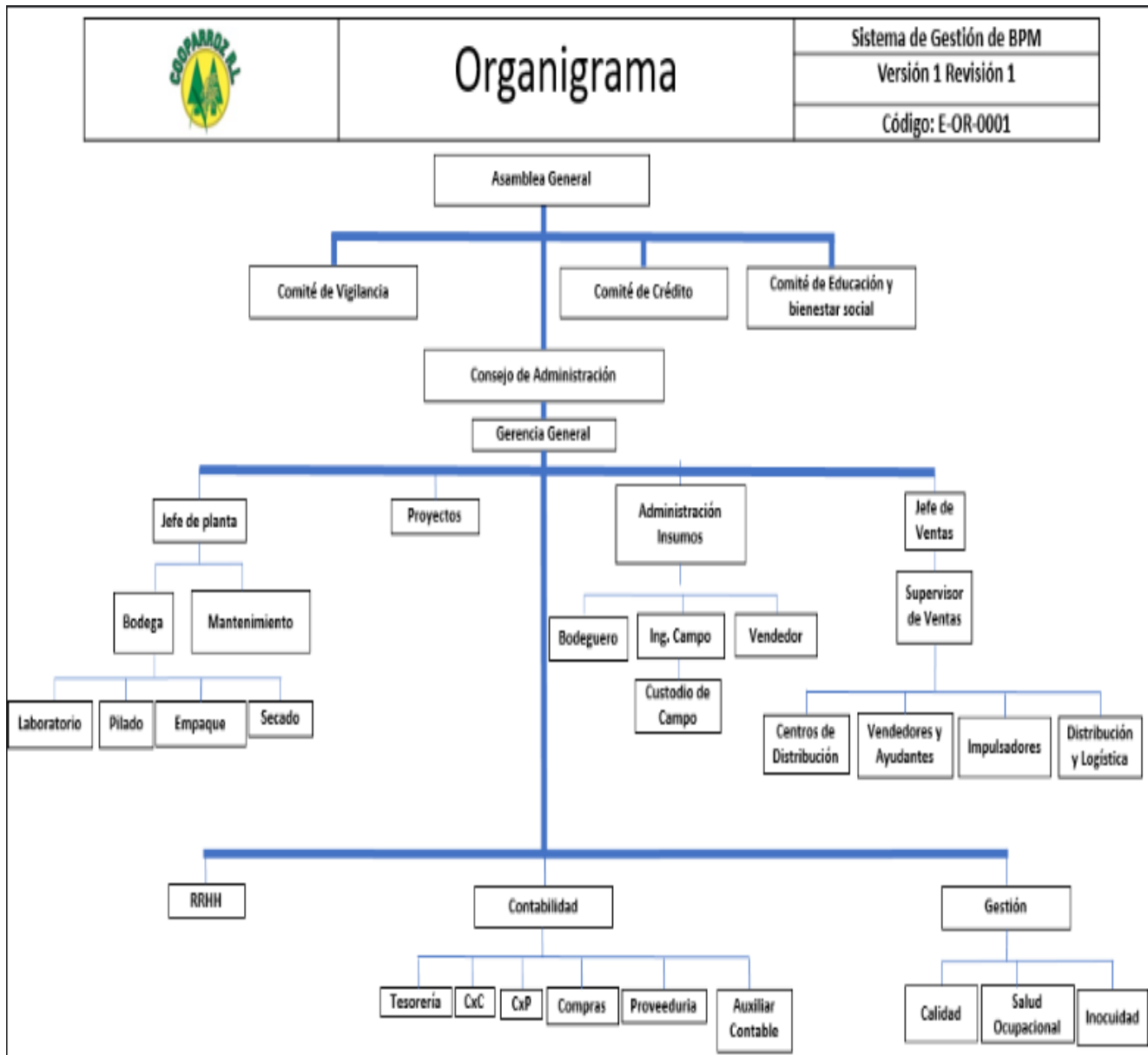


Figura 6 Estructura organizativa de Cooparroz

Fuente: obtenido de Cooparroz, 2019

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1 Definición del problema

Dentro del estudio por desarrollar en este proyecto, el problema principal es la pérdida de peso del grano de arroz a la hora de procesarlo con un porcentaje de humedad inferior al 13%, lo que indica la metodología actual; aunque se sabe que al procesarlo con humedad de hasta el 11%, el arroz adquiere mejor calidad y un mayor porcentaje de granos enteros, no hay certeza documentada de si esta práctica resulta rentable en la industria arrocera, para considerarla como una oportunidad de negocio.

De una forma más coloquial, cuando el grano de arroz es comprado (o cosechado) por parte de la industria arrocera a su proveedor, el producto como tal viene con un peso propio; por ejemplo, se adquiere 1 kilo de arroz en granza para procesar y a la hora de pasarlo a maduración y posterior secado para llevar la humedad al 11%, porcentaje por implementar en este estudio, se ha evidenciado una pérdida peso durante esta etapa.

También se ha notado que termina con mayor cantidad de granos enteros (lo cual tiene más valor en el sector), frente a la cantidad de granos quebrados, con lo que adquiere mayor resistencia durante la etapa en donde es pulido, y hace que no se fracture tanto.

1.3.2 Justificación del problema

Durante la búsqueda de un lugar para desarrollar la prueba de graduación en la carrera de Ingeniería Industrial, se contacta a un ingeniero de Conarroz, mediante la ayuda de personal de la universidad; a partir de ahí, surgen diversas ideas que pueden ser explotadas para una investigación de este tipo; al final, mediante un análisis por parte de la tutora, se define el tema actual como el que más se asemeja a lo que busca el comité evaluador de la universidad para proyectos de tesis.

En resumidas cuentas, acerca del proyecto, demostrar que el procesamiento de arroz con esa humedad del 11% genera resultados favorables, impactaría directamente la metodología en la industria nacional al procesar la granza de arroz ya con un criterio sustentado en pruebas registradas.

Esto conduciría a comparar y/o analizar la metodología actual de procesamiento de arroz, con lo propuesto mediante un análisis costo/beneficio, según los resultados y así determinar si ese procedimiento (con más calidad en el grano, pero menor peso) es más rentable para la industria nacional que el método de procesamiento actual.

1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.4.1 Objetivo general

Desarrollar un estudio de impacto económico a partir de herramientas ingenieriles como el diseño de experimentos, para determinar el costo/beneficio de procesar el arroz hasta un 11% de humedad, ante el 13% implementado en la actualidad que indica la metodología en la industria arrocera.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar el entorno de trabajo delimitado a esta investigación, así como los estudios previos, para determinar el mecanismo de solución efectivo del proyecto.
- Implementar las herramientas ingenieriles necesarias para ver si el proyecto cumple con propósito de ser económicamente favorable dentro de la industria arrocera.
- Determinar, a partir del análisis económico producto de los resultados obtenidos, la rentabilidad del procesamiento del grano de arroz hasta el 11% de humedad propuesto, frente al 13% actual.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.5.1 Alcances

1.5.1.1 Temporal

Dentro de los alcances temporales, la preparación del proyecto inicia en julio de 2019, hasta diciembre del mismo año.

1.5.1.2 Geográfico

- El proyecto es tabulado en el barrio Fray Casiano en Puntarenas, pero las visitas de campo se desarrollan en la zona de Playón sur de Parrita, en la misma provincia.
- Coparroz es la empresa en donde se harán los estudios respectivos al proyecto.
- Se dispondrá de un laboratorio ubicado en la planta arrocera, en donde se podrán hacer evaluaciones correspondientes al trabajo.

1.5.1.3 De proceso

- Verificar, dentro del plazo establecido, mejoras aplicables al proceso en estudio.
- Analizar económicamente la rentabilidad del nuevo método de proceso por aplicar.
- Determinar intereses entre las partes involucradas en el proyecto.
- Garantizar los recursos necesarios para la elaboración de la práctica.
- Analizar responsabilidades en el/los puestos de trabajo donde se ejecutará el proceso.

1.5.2 Limitaciones

- Recursos de información limitados u obsoletos que puedan dificultar el desarrollo exitoso del proyecto.
- Que el encargado de realizar el procedimiento de secado en el grano, se desentienda, no se lleve el porcentaje de humedad a lo deseado para la elaboración del proyecto y se deba retomar nuevamente el procedimiento.
- Fuentes de información no veraces, que dificulten un resultado positivo.
- Cantidad de muestras por tomar.
- Información confidencial de la empresa, que no pueda ser mostrada, por normas éticas.
- Préstamo de instalaciones de la arrocera para ejecutar las muestras, a convenir con el ingeniero de planta.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA

2.1.1 Proceso

Los procesos son ciclos o etapas presentes en partes, ya sea de la vida personal o laboral, cuyo fin es alcanzar un propósito que satisfaga las necesidades de todos los implicados en ellos.

Según un archivo electrónico consultado, el proceso es un “Conjunto de actividades planificadas que implican la participación de un número de personas y de recursos materiales coordinados para conseguir un objetivo previamente identificado” (Corporación Municipal de Quilpue, 2018, p.1). El proceso debe ser claramente identificado para su desarrollo de la mejor manera posible.

Es fundamental mencionar que, dentro de una operación, pueden existir uno o varios procesos que al final le van a dar ese valor agregado que toda industria busca en sus productos y/o servicios ofrecidos, al transformar todos aquellos insumos puestos a disposición, en productos terminados. A continuación, se mostrará una ilustración con el ciclo de los procesos:



Figura 7 Ciclo de los procesos

Fuente: Google imágenes, 2019

Como se evidencia en la figura número 7 (ciclo de los procesos), todos ellos tienen primero una entrada de insumos como mano de obra, capital, los cuales pasan por un proceso transformador durante la operación, mediante pasos que buscan darle valor agregado, con el fin de generar salidas para satisfacer a los clientes meta y, por tanto, generar importantes ingresos en la empresa.

Los procesos como tales, deben ir registrados dentro de las metodologías aplicativas que hay en cada industria, para conocer el proceder de cada una de ellas. En un archivo consultado se señala: “La importancia de la metodología consiste en que se avoca a estudiar los elementos de cada método relacionados

con su génesis, fundamentación, articulación ética, razonabilidad; su capacidad explicativa, su utilidad aplicada, los procedimientos de control que utiliza” (Aguilera Hintelholher, 2013, p.89).

Todo proceso, definido en las diferentes metodologías existentes en el campo, no surge de la noche a la mañana, son pasadas por revisión una y otra vez a lo largo del tiempo y aun así se siguen innovando. En el campo arrocero nacional, existen varias y una de ellas indica la necesidad de procesar el arroz al 13% de humedad, con base en estudios previos, donde se llegó a concluir que ese era el porcentaje ideal para su posterior entrada en proceso.

2.1.2 Humedad en granos

Es de importancia dentro de una industria cuya materia prima principal es un grano, conocer el porcentaje de humedad, con el cual, el producto va a ser comprado o cosechado para su posterior almacenaje. Dentro del medio arrocero nacional está establecido, con una metodología utilizada en el campo, que el producto debe ser procesado a una humedad del 13%.

Lo anterior implica que la humedad, al momento de colocar el grano meses antes de ser llevado a la etapa final, debe ser superior a ese porcentaje ideal, el cual ya es estimado para evitar la proliferación de plagas o situaciones que lleguen a afectar la calidad del producto.

Bartosik, Cardoso y Piñeiro (*s.f*) señalan que:

Finalmente, conocer la humedad de un grano o semilla nos permite estimar el tiempo de almacenamiento seguro, que es el tiempo que un grano puede

ser almacenado sin que el deterioro de cualquier rubro signifique la [sic] pérdida de calidad comercial o poder germinativo (p.1).

Como indican los autores anteriores, el bien que se espera ofrecer puede llegar a estropearse si los encargados de medir esto no siguen los lineamientos. La pérdida económica puede ser un factor importante de tomar en cuenta, pues dentro de esos silos se llegan a guardar cantidades elevadas de grano para que siga madurando.

2.1.3 Productividad

Parte importante dentro de una eficiente administración de operaciones es afrontar con éxito los retos de la productividad, donde es necesario transformar todos aquellos recursos disponibles para las operaciones, en bienes y servicios; cuanto más eficientemente se maneje este tema, más productiva será la industria, y se genere más valor agregado a los productos/servicios finales para mayor aceptación y fidelidad del/y potencial cliente.

Con respecto al término de productividad, Morales Sandoval (2014, p.42) transcribe:

... la productividad es, sobre todo, una actitud de la mente y busca mejorar continuamente todo lo que existe... basada en la convicción de que uno puede hacer las cosas mejor hoy que ayer y mejor mañana que hoy...ella requiere esfuerzos sin fin para adaptar actividades económicas a condiciones cambiantes aplicando nuevas teorías y métodos... es una

creencia firme en el progreso del ser humano”, (como citó la agencia de productividad europea, 1958).

El término en estudio tiene una fórmula básica, la cual sirve como referencia para conocer si una empresa tiene la capacidad para dar más, en cuanto a resultados, productos, beneficios, utilidad, entre otros aspectos, sin necesidad de aumentar los recursos para la consecución de lo anteriormente mencionado.

Ecuación 1. Fórmula de la rentabilidad

$$\text{Índice de productividad: } \frac{\text{producción obtenida}}{\text{costo total empleado}}$$

Fuente: EAE Business School, 2018

Como se ve en la fórmula general y se ha analizado durante el transcurso de la carrera de ingeniería industrial, la ecuación anterior expresa la relación existente entre todos aquellos productos o servicios finalizados, entre los medios o costos totales empleados, como mano de obra, materia prima, energía, entre otros.

Siempre se debe tener un punto de comparación para conocer el índice productivo de la organización y mencionar que el uso adecuado de los insumos a disposición, es importante para mantener o aumentar la productividad y generar mejores resultados en producción, ingresos, satisfacción organizacional, entre otros aspectos.

2.1.4 Diseño de experimentos

Entrando en una parte un poco más estadística pero necesaria dentro de los estudios que pueden desarrollarse en la industria, están los diseños

experimentales, los cuales ayudan a generar ambientes ideales de procesos, a partir de resultados finales en donde se basan las decisiones de lo que se está estudiando o se quiere desarrollar.

Citan los autores Gabriel, Castro, Valverde e Indacochea (2017):

La aplicación del diseño experimental son técnicas de estadística que permiten identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un estudio experimental. En un diseño experimental se manipulan deliberadamente una o más variables, vinculadas a las causas, para medir el efecto que tienen en otra variable de interés. El diseño experimental prescribe una serie de pautas relativas qué variables hay que manipular, de qué manera, cuántas veces hay que repetir el experimento y en qué orden para poder establecer con un grado de confianza predefinido la necesidad de una presunta relación de causa-efecto (p.4).

Es una metodología completa cuyos resultados finales conducen a decisiones importantes basadas en el beneficio que generaría el resultado, o si se descarta de una vez lo planteado en el estudio. No cabe duda de que la herramienta del diseño de experimentos puede ser de gran ayuda, siempre y cuando se desarrolle de buena manera; para ello, es de cuidado definir el factor o los factores, variables, tamaño de la muestra, entre otros aspectos, que llevarían a un resultado mucho más exacto.

2.1.5 Rentabilidad

Cuando se dice que algo es lo suficientemente rentable dentro del ámbito laboral, se da a entender que lo percibido de ello, genera un beneficio y satisfacción, por lo cual, se debe seguir actuando igual; si hay posibilidad de mejoras, se pueden evaluar para ir innovando pues el éxito de toda industria radica en la innovación de sus equipos y productos.

Señala Díaz Llanes (2012), sobre la rentabilidad:

La remuneración que una empresa (en sentido amplio de la palabra) es capaz de dar los distintos elementos puestos a su disposición para desarrollar su actividad económica. Es una medida de la eficacia y eficiencia en el uso de esos elementos, tanto financieros, como productivos, como humanos (p.69).

Este término se relaciona con todos aquellos beneficios obtenidos como producto de las ventas de la organización, tomando en cuenta el costo o presupuesto destinado en un inicio para desempeñar el trabajo. Como señala Díaz Llanes, es necesario contar con operaciones eficientes que involucren tanto a máquinas como mano de obra, pues todo está directamente relacionado con el término en estudio.

Sin duda es importante y debe serlo, conocer cuánto porcentaje más se está ganando, por cada cantidad "X" de dinero invertido en un proyecto.

2.1.6 Planeación del proyecto

El presente proyecto surge de la propuesta generada por un ingeniero de Conarroz, cuya inquietud radica en resultados eventualmente beneficiosos (de llegarse a comprobar y documentar), generados producto de “descuidos” durante el proceso de secado de la granza de arroz, antes de pasarla al pulido y el proceso productivo.

En el campo arrocero nacional, una metodología indica cómo debe estar ese producto antes, durante y después de todo el proceso y ese pequeño descuido citado en el primer párrafo de este apartado, es una variante en la etapa del “antes del proceso”, que, si al final genera resultados considerablemente buenos para la industria, se debería considerar y que quienes estén a cargo lo evalúen.

Es necesario determinar al final del proyecto en estudio y la rentabilidad que esto generaría para la industria, tomando en consideración las estadísticas actuales, pues los rendimientos del arroz podrían mejorar en cuanto a términos de grano entero versus grano quebrado.

2.1.7 Desarrollo del proyecto

Durante esta etapa, es necesario conocer que se busca evaluar la rentabilidad generada, producto de la inquietud original para ser analizada y así, determinar pros y contras en función de dar como válida o inválida, la hipótesis planteada que surge dentro del problema (u oportunidad de negocio) encontrado y expuesto al inicio del proyecto de investigación.

Es conveniente crear procedimientos (si fuera el caso), mejoras en el proceso, propuestas evaluadas dentro de la metodología actual, entre otros puntos por considerar, para cumplir eficientemente con el objeto de estudio. Mediante un estudio económico final, se determinará la viabilidad de este nuevo método de proceso, cuyo camino final, buscará siempre medir el costo/beneficio que generaría en la industria arrocera nacional.

2.1.8 Implementación del proyecto

Para cumplir satisfactoriamente con el propósito de la investigación en curso, se plantea un estudio desarrollado mediante herramientas de carrera como lo es el diseño de experimentos, en donde, con la aplicación efectiva de este mecanismo, se buscará determinar la validez de la hipótesis planteada, al aplicar puntos necesarios durante el desarrollo del experimento.

Convenientemente, se deben registrar todos los resultados que se obtengan durante el transcurso del proyecto y así, tabularlo para ser expuesto por este medio y al final, determinar el impacto del proyecto dentro del campo arrocero costarricense.

Más adelante en la etapa de análisis y resultados, se mostrarán todos aquellos aspectos relevantes, cuyo fin es evidenciar lo que arroje el experimento, así como datos importantes relacionados con el campo económico, uno de los principios de los cuales, toda empresa busca obtener resultados favorables.

Por consiguiente, algunas organizaciones llegan a puntos de innovar en sus procesos y productos para mantener la fidelidad de sus clientes y abriéndose a la

apertura de nuevas oportunidades de negocio, mediante el valor agregado que puedan ofrecer en su manija de productos actuales y nuevos, con la debida planeación que conllevan estos puntos.

2.1.9 Controles del proyecto

Mediante el análisis del diseño experimental, los resultados del costo y beneficio actual frente al nuevo resultado, así como información estadística que sirva al final para generar el impacto económico del proyecto, es como se planea llevar el control del proyecto.

Dentro de los aspectos por considerar y exponer, están los insumos requeridos para cumplir beneficiosamente con el nuevo método del proceso y los ingresos que se podrían generar, siempre y cuando se consideren frente a las utilidades actuales.

2.1.10 Evaluación del proyecto

Esta parte es fundamental pues de todo aquello que arroje el experimento, se evaluarán técnicas actuales de proceso y, por tanto, se mostrarán los rendimientos generados al aplicar la nueva metodología de procesamiento del grano de arroz en el campo laboral.

Es importante recalcar una y otra vez, que este proyecto será evaluado tomando en consideración la estadística registrada en la actualidad del proceso de secado de arroz en granza, para controlar su humedad, y así dar un resultado basado en ello, en donde los encargados de tomar decisiones en la industria, valoren, según los beneficios que consideren pertinentes.

2.2 MARCO CONCEPTUAL RELATIVO A LA GESTIÓN DEL PROYECTO

Para gestionar un proyecto de una manera más controlada, resulta conveniente hacerlo con una metodología que conlleve al éxito. Una de ellas es el D.M.A.I.C (definir, medir, analizar, mejorar y controlar) mediante la cual se gestionan, paso a paso, las etapas de avance del proyecto, de una manera más ordenada, aplicando herramientas y recursos correspondientes.

El D.M.A.I.C busca avanzar en un proyecto y de paso, orientar el norte de este; en cada una de sus etapas se delimita el trabajo, así como la asignación de actividades, para el éxito posterior (siempre y cuando sea explotado de forma correcta).

Dentro de este apartado se procederá con la teorización de cada una de las 5 partes que conforman esta metodología, así como los medios necesarios para su ejecución.

2.2.1 Definir

El primer punto en estudio dentro de la metodología del DMAIC, es definir; en este campo se define el proyecto como tal, dándole así un enfoque o camino por seguir, mediante la asignación de todos aquellos recursos necesarios en el trayecto.

Es de suma importancia tener el norte fijado desde acá, por lo cual, se conocerá la forma en la cual se percibirá el éxito del proyecto, entre otros aspectos, como los beneficios y personas que antes, durante y después intervendrán en él.

Durante este apartado, se buscará conocer más acerca del trabajo objeto de estudio, mediante información recolectada de por fuentes primarias y/o secundarias, que permitan ampliar el panorama actual, así como los intereses conjuntos de todos los involucrados.

2.2.2 Medir

Dentro de esta segunda fase, en la gestión del proyecto, es donde se explica de una mejor manera y cuantifica el proyecto como tal; es importante detallar el flujo del trabajo para obtener un mejor criterio.

Acá se recopila con más profundidad, la información cuantitativa que puede ofrecer la industria, para ir desarrollando parámetros clave, métricas, puntos de decisión, entre otros, necesarios durante el estudio. Es importante documentar todo aquello que muestre la capacidad del proceso bajo estudio, entre otros aspectos estadísticos necesarios para continuar con la siguiente fase.

2.2.3 Analizar

Tercera etapa dentro del estudio DMAIC. En este campo se analiza toda la información recolectada hasta los dos puntos anteriormente desarrollados. Necesariamente, se buscará entender el origen del problema como tal, mediante la justificación de causas por medio de datos que así lo demuestren.

El objetivo principal de este punto es entender el por qué se genera el objetivo en estudio, identificando variables que puedan influir en ello. Dentro de las herramientas utilizadas acá (entre muchas otras), están:

2.2.3.1 Lluvia de ideas

Dentro de muchos estudios previos y ante la necesidad de innovar, mejorar o adaptar procesos dentro de las empresas, es necesario el aporte y evaluación de ideas que suelen dar pie a proyectos importantes, en cuanto a información recolectable por medio de este mecanismo, el cual algunos consideran sencillo y de fácil aplicación, pero que debe ser desarrollado por personas expertas en cada área por estudiar.

Señala Varela Kilian:

las ideas surgen debido a dos razones básicas: problemas, necesidades y oportunidades relacionadas con la producción y comercialización de bienes y servicios; y oportunidades vislumbradas con la expansión de los conocimientos que se producen tanto dentro de la empresa en cuanto a su entorno en general (p.59).

El fin de generar ideas mediante criterio de expertos es comprender, de forma clara, los orígenes que están dando cabida a problemas u oportunidades de mejora en los negocios, siempre y cuando sean analizados de forma idónea. Como dice Varela, es conveniente realizar un análisis del entorno en general y no solo enfocarse en algunas cosas.

2.2.3.2 Ishikawa

El mecanismo conocido dentro de la ingeniería como espina de pescado o diagrama de Ishikawa (en honor a su creador), es una herramienta básica de la calidad, utilizada con el fin de determinar la causa raíz originaria de un problema,

tomando en cuenta 5 aspectos importantes: medio ambiente, mano de obra, material, máquina y método.

Este diagrama “se emplea para poner de manifiesto las posibles causas asociadas a un efecto, facilitando de esta forma la tarea de identificar los factores verdaderos, especialmente si se combina con otra herramienta como el brainstorming” (Azizi, 2016, p.21). Como se citó, este medio es utilizado para dar respuestas reales a situaciones que, al principio, se consideran inciertas y están generando ese efecto o problema dentro de una organización. A continuación, en la figura 8 (diagrama de Ishikawa), se mostrará la estructura del mecanismo en cuestión:

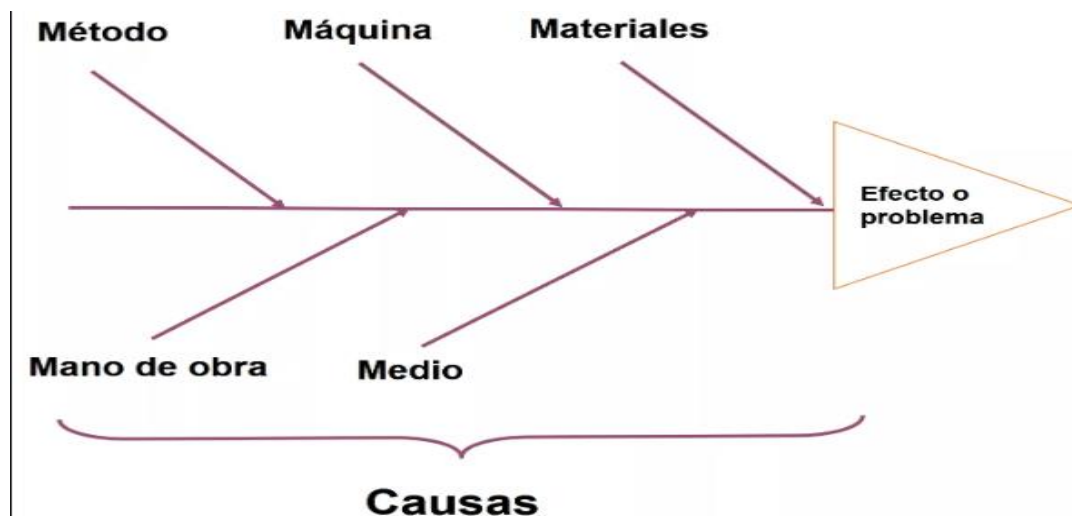


Figura 8 Diagrama de Ishikawa

Fuente: Google imágenes, 2019

2.2.3.3 Mapeo de procesos

El mapeo de los procesos ayuda a visualizar de una mejor manera los pasos que se implementan dentro de una organización, en la creación de sus bienes o servicios; por otra parte ayuda a entender de mejor manera el negocio, así como

mejorar sus procesos.

Se menciona que “un mapa de relaciones representa visualmente las partes de una organización, y la relación interna o externa proveedor-cliente entre esas partes” (Damelio, 2011, p.4). Esta visualización permite la identificación oportuna de los procesos, la forma en cómo se interrelacionan y dan pie a la mejora continua.

Es necesario recalcar que, dentro de un mapeo, se debe considerar el criterio de personas con el conocimiento experto dentro de los procesos, así como tener en cuenta las actividades, insumos y productos, los clientes y proveedores y todos aquellos trucos involucrados en el trabajo, cuyo fin es lograr la satisfacción de los clientes y el logro de los objetivos de la institución.

2.2.3.4 Gráficas de control

Esta técnica es necesaria dentro de los ciclos del trabajo, pues por medio de ellas se logra mantener controlados los procesos, así como su variabilidad en la ejecución. Por medio de ellas se determinan desajustes, variaciones, entre otros aspectos que permiten actuar de manera oportuna y hacer las correcciones necesarias para determinar el porqué de la aparición de muestras con fluctuaciones fuera de los rangos aceptables permitidos dentro del proceso.

Las gráficas de control “que se utilizan para detectar oportunamente fluctuaciones irregulares que pudiera presentar un proceso” (Arvelo Luján, 2006, p.2), siempre deben tener un monitoreo constante y a la hora de detectar anomalías en las muestras seleccionadas, se debe actuar con eficiencia para el logro de resultados deseados.

2.2.3.5 Diseño de experimentos

El diseño de experimentos es una herramienta estadística definida como un “conjunto de técnicas activas que manipulan un proceso para inducirlo a proporcionar la información que se requiere para mejorarlo mediante los cambios en sus variables y su interacción o secuencia de ejecución” (SPC Consulting group, 2013, párr.1). Como se definió anteriormente en el punto **2.1.4**, a partir de sus resultados finales se pueden tomar decisiones que enrumben a las organizaciones a nuevos métodos de trabajo, por medio de oportunidades de negocio, mediante la identificación de variables que influyen en los procesos.

2.2.3.6 Pruebas de hipótesis

Dentro de los conceptos atribuibles a este término, se encuentra: “Una prueba de hipótesis es una regla que especifica si se puede aceptar o rechazar una afirmación acerca de una población dependiendo de la evidencia proporcionada por una muestra de datos” (soporte de Minitab, 2019, párr.1). Esas pruebas constan de 2 hipótesis, la nula (que se desea comprobar basado en estudios previos) y la alternativa (por decirlo de forma más popular, ya se conoce de antemano pues los resultados actuales lo demuestran).

2.2.3.7 Diagramas de dispersión

Existen muchas técnicas en el campo de la estadística, entre ellas están los diagramas de dispersión utilizados para estudiar la relación entre dos variables: “Gráficamente el diagrama de dispersión o nube de puntos permite obtener información sobre el tipo de relación existente entre X e Y, además de ayudarnos a detectar posibles valores atípicos o extremos” (Laguna, 2014, p.1).

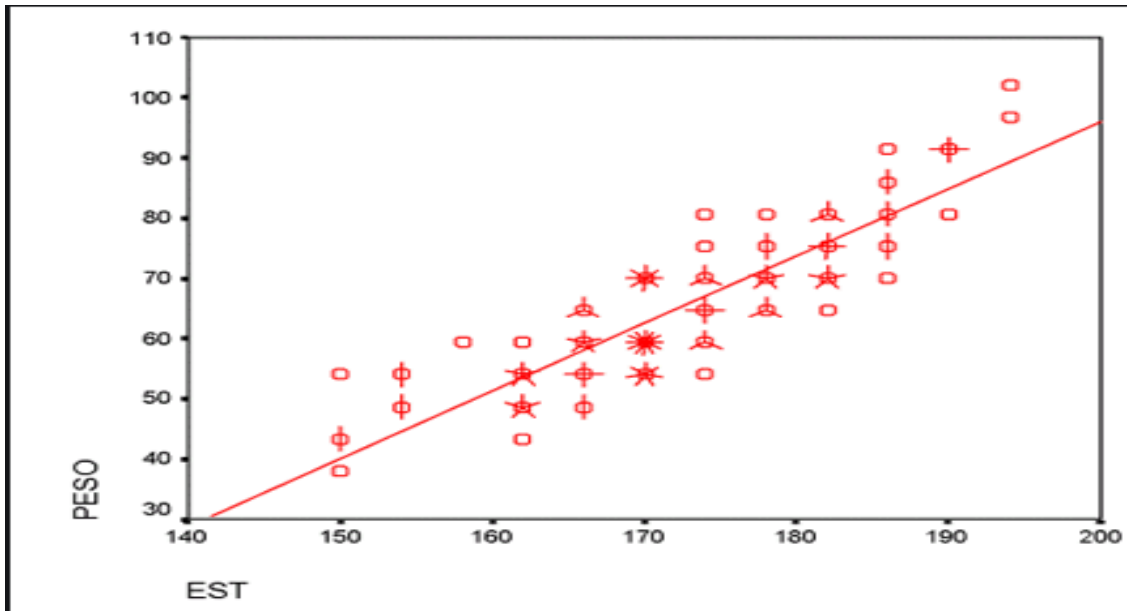


Figura 9. Ejemplo diagrama de dispersión

Fuente: Google imágenes, 2019

Este tipo de gráficas permite analizar y observar el comportamiento entre dos variables bajo estudio y a partir de ello, tomar decisiones necesarias planteadas en un inicio, con base en los resultados obtenidos. Como se evidencia en la figura número 9 (ejemplo de diagrama de dispersión), ahí se analiza la relación entre peso (kg)-altura(cm) de determinada muestra, mostrado mediante el gráfico respectivo.

2.2.3.8 Diagrama de correlación

Al observar con detenimiento un diagrama de dispersión, las variables parecen relacionarse entre sí; eso se conoce como correlación “Se utiliza para conocer si efectivamente existe una correlación entre dos magnitudes o parámetros de un problema y, en caso positivo, de qué tipo es la correlación” (Domenech Roldán, s.f, p.2).

Dentro de la correlación es necesario mencionar que existen 3 tipos: la positiva, negativa y sin correlación (Domenech Roldán). En conclusión, se busca determinar, examinar la dirección y fuerza de cómo se asocian 2 variables medidas en el estudio. Así, se conoce la intensidad de la relación entre ellas y si, al aumentar el valor de una variable, aumenta o disminuye el valor de la otra, o si del todo no se correlacionan.

2.2.4 Mejorar

Prosiguiendo con la cuarta parte del DMAIC, se encuentra el punto llamado “mejorar”. Durante este proceso se deben dar a conocer y aplicar todas aquellas soluciones consideradas pertinentes, con el objetivo final de dar solución al problema o inquietud inicial.

Hay que asegurarse fielmente de que la puesta en marcha de este punto está siendo efectivo para dar pie a una respuesta favorable e ideal. Dentro de algunas herramientas por utilizar (para cumplir con éxito la metodología) dentro de este apartado, se encuentran (aparte de la lluvia de ideas expuesta en el punto 2.2.3.1 y el diseño de experimentos citado en el punto 2.2.3.5), las siguientes:

2.2.4.1 Técnica de creatividad

Este tipo de técnica es sencilla y da pie a la lluvia de ideas. Es necesario tener bien definido el objeto o causa que va a originar el desarrollo de este método aplicativo, así como aquellas fuentes necesarias para su éxito.

Margheritis y Santangelo (2008), señalan:

La utilización de las técnicas no promete un éxito asegurado, simplemente sirven para llegar a ciertos objetivos que se suponen próximos a la creatividad. Permiten direccionar el pensamiento en etapas o procedimientos concretos. Es decir, por un lado, permiten seguir un orden establecido para lograr un objetivo deseado, y por el otro, ayudan a desarmar los caminos del pensamiento vertical habitual (p.1).

2.2.4.2 Hojas de verificación

Es la herramienta más simple dentro de las 7 de calidad. “Sirve para recolectar datos al medir una característica de calidad, al mismo tiempo permite observar cual es la tendencia central y la dispersión de los mismos” (Wyngaard, 2012, p.34).

En ella se organiza la información en un cuadro, hoja de cálculo o tabla, para que la recolección de datos sea de forma práctica y ordenada, lo cual facilita su análisis. Permite argumentar, con criterio, observaciones “sin evidencia” que se puedan estar presentando en los procesos del trabajo.

UTSLRC Universidad Tecnológica San Luis Río Colorado EJEMPLO DE HOJA DE VERIFICACION (1) SlidePlayer

FECHA: Marzo 16 de 2012		Num. 23	
PRODUCTO: Llenado de Bolsa de Cacahuate.		Nombre de quien levanta los datos: Juan Pérez.	
No. PEDIDO: 34567		Turno: 2o.	
PROCESO: Llenado.		Departamento: Producción de Cacahuate.	
ESPECIFICACIONES: A, B, C, D, E		Supervisor: Luis Gómez.	
No.	Resultado de Inspección.	Conteo	Total
1.	Defecto A		12
2.	Defecto B		6
3.	Defecto C		5
4.	Defecto D		10
5.	Defecto E		5
6.	Otros:		5
		Total rechazado:	43
		Total aprobado:	177
		% Rechazado:	19.5
Esta hoja de verificación puede servir de base para construir un histograma, herramienta que se explicará más adelante.			

Figura 10 Ejemplo de hoja de verificación

Fuente: Google imágenes, 2019

Como se vislumbra en la figura número 10 (ejemplo de hoja de verificación), tomado de un sitio web, las hojas de verificación permiten evidenciar un suceso mediante pruebas; esta información permite ser aplicada en otras herramientas para disminuir sus incidencias no deseadas, con el fin de mejorar procesos productivos. En el campo existen cientos de formas de hojas de verificación, lo conveniente es utilizar una adaptable de forma correcta, al proceso dentro de la industria donde se desee aplicar.

2.2.4.3 Poka yoke

El concepto y finalidad de la herramienta Poka yoke es prevenir, lo más posible, errores dentro de las líneas de trabajo. “Este método tiene por objetivo prevenir los errores y posteriores defectos originados en los procesos” (Ochsenius Robinson, 2016, p.85). Fue una técnica planteada por Shigeo Shingo, un ingeniero japonés,

allá por los años 60; comúnmente se le conoce a esta herramienta como “a prueba de errores”. Para reducirlos, es necesaria una adecuada inspección en el sitio de trabajo lo antes posible.

Lo recomendado es que, mediante alguna de las herramientas citadas anteriormente, se pueda atacar el problema original del estudio en proceso y no el efecto que produce.

2.2.5 Controlar

Una vez avanzada la metodología elegida durante este proyecto, se encuentra la última fase: controlar. El objetivo es mantener bajo acciones concretas la mejora alcanzada en el proceso y de los objetivos iniciales.

Durante este punto se van a implementar todos aquellos controles considerados pertinentes, cuyo objetivo es mantener la mejora alcanzada, a base de mecanismos que puedan ser consultados constantemente, por quienes estén interesados en el tema y puedan ser modificables (si se comprueban mediante estudios válidos posteriores) para su realimentación.

Se busca involucrar todos aquellos recursos de mano de obra necesarios para que, mediante su participación, los cambios realizados durante el proyecto sean considerados y evaluados con el criterio de los expertos. Si el resultado final es aceptado, se debe reforzar la cultura orientada al cambio, la adaptación a los nuevos procesos, participación y adaptación por parte de todo el personal para evitar resistencias y complicaciones frecuentes durante el camino.

2.3 MARCO CONCEPTUAL RELATIVO AL IMPACTO DEL PROYECTO

Dentro del impacto del proyecto por desarrollar, se deben tomar en cuenta aspectos económicos determinantes para el éxito de este; para ello se implementará una serie de herramientas de carrera, así como las pruebas de hipótesis respectivas, cuyo fin es identificar, lograr, mostrar y analizar los resultados obtenidos en los estudios de campo respectivos.

Antes de aplicar la implementación de todo lo anteriormente citado, habrá que desarrollar una serie de estudios con entrevistas a personal competente para conocer mejor el proceso en detalle, así como recolección de datos, los cuales, servirán de medición y análisis. Lo anterior, permitirá abarcar de manera correcta el instrumento respectivo, en este caso, un diseño de experimentos, cuyo fin es indagar en la oportunidad de negocio generada por la justificación del problema plasmado en el punto **1.3.2** y sus implicaciones dentro del ambiente arrocerero nacional.

Posteriormente se deberán verificar los resultados dentro de un análisis de costo-beneficio, cuya teoría indica que se encarga de “evaluar de forma exhaustiva los costes y beneficios de un proyecto (programa, intervención o medida de política), con el objetivo de determinar si el proyecto es deseable desde el punto de vista del bienestar social” (Ortega Aguaza, 2012, p.147). El fin de este procedimiento es obtener los mayores y mejores resultados con un esfuerzo mínimo, determinando así la conveniencia de la prueba en estudio con resultados cuantificables de sus costos y beneficios derivados.

Dado el impacto económico que se determinará en el proyecto en curso, es necesario utilizar los medios como recursos, técnicas y herramientas eficientes dentro del área de proceso donde se incurrirá el experimento (tanto planta como laboratorio) y entender, de antemano, todo el proceso en estudio; de ello se obtiene información que, por otras fuentes, a veces es complicado observar para la obtención de resultados idóneos.

Dos aspectos dentro del campo económico necesarios para la determinación del impacto en la rentabilidad de un proyecto como el presentado en este trabajo, son el VAN (Valor actual neto) y TIR (Tasa interna de rentabilidad).

2.3.1 Valor actual neto (VAN)

Este aspecto es una medida de rentabilidad dada a proyectos, “El valor actual neto (VAN) es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer [sic] cuanto se va a ganar o perder con esa inversión” (Velayos Morales, 2017, párr.1). El Van indica en términos monetarios, la ganancia eventual durante un periodo de tiempo que se obtendría por cada colón invertido en el proyecto al día de hoy.

Ecuación 2 Fórmula para el cálculo del VAN

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Fuente: Google imágenes, 2019

De la fórmula presentada en la ecuación 2, es imprescindible acotar los significados de cada una de esas variables que se muestran para una mejor comprensión, las mismas se darán a continuación:

F_t son los flujos de dinero en cada periodo t

I_0 es la inversión realiza en el momento inicial ($t = 0$)

n es el número de periodos de tiempo

k es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión.

Además, se debe aportar que cuando el VAN sea mayor que cero, el proyecto generará ganancias; pero cuando sea menor que cero, generará pérdidas y en caso de igualarse a cero, ni se ganará ni perderá.

2.3.2 Tasa interna de rentabilidad (TIR)

Mete (2014), señala que la TIR:

Es la tasa de interés que, utilizada en el cálculo del Valor Actual Neto, hace que este sea igual a 0. El argumento básico que respalda a este método es que señala el rendimiento generado por los fondos invertidos en el proyecto en una sola cifra que resume las condiciones y méritos de aquel. Al no depender de las condiciones que prevalecen en el mercado financiero, se la denomina tasa interna de rendimiento: es la cifra interna o intrínseca del proyecto, es decir, mide el rendimiento del dinero mantenido en el proyecto, y no depende de otra cosa que no sean los flujos de efectivo de aquel

(p.71)

La tasa interna de retorno mide la rentabilidad media del proyecto por periodos de tiempo, incluye retribuciones de capital. Es importante aclarar que, a mayor TIR esperado, es mayor la rentabilidad percibida producto de esa inversión, con ella se procede a aceptar definitivamente un proyecto o a desecharlo.

Ecuación 3 Fórmula para cálculo del TIR

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0$$

Fuente: Google imágenes, 2019

De la figura ecuación 3, se destaca que:

F_n es el flujo de caja en el periodo n .

n es el número de períodos.

I es el valor de la inversión inicial.

Por otra parte, es necesario recalcar que en los cálculos del TIR, si la TIR es mayor que k (tasa de descuento elegida para el cálculo del VAN), se acepta la inversión del proyecto, pero en caso contrario, se rechaza.

Los 2 procedimientos anteriormente mencionados (VAN y TIR), son dos formas de cálculo necesarios en estos tipos de estudio. Es conveniente estar preparado, pues si bien es cierto, por medio de ellas se conoce si será rentable o no (al menos en el papel) el proyecto, siempre existirá la incertidumbre y riesgo.

2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS SIMILARES

La verificación de pruebas de hipótesis en el campo, es un instrumento útil para validar, al menos dentro de lo normal, situaciones que resultan producto de causas o ideas de todo tipo, surgidas en el día a día laboral y que generan una sensación de duda en cuanto a si resultará beneficioso o no, la aplicación, cambio, mejora, en los métodos actuales de trabajo.

Dentro de este rubro se pretende presentar algunos artículos, experiencias o documentos, a la mano del investigador, por el medio de información al alcance, que se asemeje o contenga algo similar a lo planteado en este proyecto,

Artículo científico. Predicción y monitoreo de los parámetros de conservación de arroz en silos bolsa. Realizado en 5 compañías arroceras de Uruguay, durante mayo del 2017

Este documento ubicado en la web y desarrollado por los autores citados en la referencia, realiza un estudio cuyo fin es determinar cómo la humedad incide en la calidad del grano, al momento de ser almacenado en silos bolsa, los cuales, son una especie de bolsas gigantes en donde el grano es introducido a la espera de ser procesado en las plantas arroceras.

Dentro del estudio, se menciona que es realizado en 5 compañías arroceras de Uruguay mediante muestras; se llega a determinar que entre mayor sea la humedad con que el grano es almacenado en el silo bolsa, mayor es el riesgo de problemas que ocasionen bajas en los rendimientos esperados por la industria, como el arroz manchado y la pérdida de peso.

		Silo Tradicional	Silo bolsa		
humedad de grano		humedad recibo	13%	16%	19%
parámetro	Pérdida de Peso (porcentaje)	0,25	-0,035	-0,95	-1,35

Figura 11 Tasa de pérdida de peso en función del sistema y humedad de almacenamiento

Fuente: <https://inta.gob.ar/documentos/prediccion-y-monitoreo-de-los-parametros-de-conservacion-de-arroz-en-silos-bolsa>

Tomando como base la figura 11 (tasa de pérdida de peso en función del sistema y humedad de almacenamiento), se determina que cuando el grano es almacenado con un 13% de humedad, lo recomendable, el porcentaje de pérdida de peso conforme pasan los meses de almacenamiento, es muy bajo, casi que se mantiene igual (según el estudio es de 0.035%). En cambio, cuando se almacena con mayor porcentaje de humedad, el porcentaje de pérdida de peso mensual es mayor (según el estudio está entre 0.95%, 1.95%).

A nivel nacional, respecto del proyecto en ejecución, un estudio que refleje el impacto económico de procesar el arroz cuando en el almacenamiento temporal en el silo es de unos 11%, aún no existe. Sin embargo, experiencias previas producto de imprevistos y otros, han evidenciado que sí hay un mayor rendimiento en el grano, considerando términos de entero y quebrado, pero también refleja pérdida en el peso final, pues se está dejando de vender agua, un 2% por cada grano procesado en la fábrica.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

Para efectos del presente trabajo se utilizó la metodología del DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar), teóricamente explicada en el marco teórico de este documento. En este apartado se indicará cómo se trabajó con cada una de las etapas de la metodología, pues una vez definido el problema que originó el proyecto, la ejecución correcta de los pasos del DMAIC sirvió para mantener un mejor control del estudio, así como de todas aquellas herramientas ingenieriles aplicadas para obtener resultados idóneos.

Dentro de los departamentos involucrados directa e indirectamente antes durante y después de la puesta en marcha, están el Departamento de producción, calidad, finanzas, administrativo, entre otros, cuya finalidad es mantenerse dentro del área de control ideal, pues con los resultados obtenidos se tomaron decisiones basadas en el costo/beneficio que el trabajo generó.

3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Para la definición del problema fue necesario el aporte del ingeniero don Víctor Muñoz Ramírez, trabajador de Conarroz, empresa que dentro de sus funciones brinda asesoría en el campo productivo a las arroceras a nivel nacional. Su amplio conocimiento en el campo arrocero permitió, a través del uso de herramientas para la recolección de datos, delimitar mejor este apartado mediante consultas personales, minutas, apuntes tomados en el sitio donde se implementó el trabajo, fotografías, siempre con enfoque al proyecto.

Es importante mencionar que, durante la ejecución del trabajo, la metodología experimental también formó parte. Citado lo anterior, se debe recordar que el tema la investigación conlleva un estudio de campo basado en

unas pruebas de hipótesis para determinar la rentabilidad final del proyecto y ver la conveniencia de tomarlo en consideración, desde el punto de vista económico y beneficios.

Tabla 1

Resumen del punto 3.1: Definir

ETAPA	DEFINIR
ACTIVIDADES PARA LOGRAR LA ETAPA	Entrevistar al ingeniero Víctor Muñoz Ramírez, empleado de Conarroz, experto en el campo arrocero para delimitar el proyecto y su alcance. Documentar el proceso de secado, donde el trabajo tiene su alcance.
HERRAMIENTA(S)	Hoja de trabajo. Fuentes primarias de información, entre ellas charlas con el Ing. Víctor Muñoz Ramírez, minutas, fotografías en el sitio, recorridos en el sitio del proyecto. Mapeo de proceso.
PLAZOS	Julio-setiembre, 2019
RESPONSABLE(S)	Víctor Muñoz Ramírez. Francisco Gutiérrez Mena.

Resumen de actividades y herramientas a aplicar durante la etapa DEFINIR.

3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO

Resultó necesaria la escogencia de mecanismos útiles por los cuales se le puede dar un mejor control a este apartado en curso. La lluvia de ideas (Brainstorming), se aplicó el día 24 de octubre del año 2019, dentro de las instalaciones de Cooparroz. Formó parte de ella el ingeniero de planta don Jesús Olivares Ramírez; el encargado de laboratorio Jonathan García Zumbado; don Nelson Chávez Sánchez encargado dentro del área de secado y la gerente de la arrocera doña Floricel Lara Barrantes.

Se aplicó este método con el objetivo de sentarse a conversar e interpretar la información que los encargados competentes dentro de la arrocera poseen, acerca del área y proceso detallado; su participación hizo que las ideas generadas tuvieran peso válido y ayudaron a tener un mejor panorama de la situación actual sobre el problema en discusión.

Aprovechando la información obtenida en el brainstorming, se desarrolla un diagrama de Ishikawa, cuyo fin fue la identificación plena de todas aquellas causas esenciales que originaron el problema del proyecto, mediante reuniones o sesiones de trabajo con miembros de los departamentos involucrados. Se estudia cada uno de los datos plasmados en el diagrama, así como los medios por los cuales se pueden disminuir su huella dentro del proceso.

Se consideran, igualmente, los historiales de información generados en el proceso, ya sea mediante la revisión y análisis de históricos, el mapeo de los

procesos, estudios previos del proyecto en desarrollo, hojas de verificación, diagramas como dispersión, entre otros; todos, necesarios para seguir bajo la línea del respaldo medido y cualitativo del proyecto, cuyo fin es la obtención de datos que puedan ser útiles a través del estudio y análisis en la investigación.

Tabla 2

Resumen del punto 3.2: Medir

ETAPA	MEDIR
ACTIVIDADES PARA LOGRAR LA ETAPA	Interpretación de forma fidedigna los resultados obtenidos en la etapa anterior, así como los alcances del proyecto.
HERRAMIENTA(S)	Brainstorming. Diagrama de Ishikawa. Gráfico de control de humedad en proceso de secado. Históricos del proceso.
PLAZOS	Octubre-noviembre, 2019
RESPONSABLE(S)	Francisco Gutiérrez Mena Víctor Muñoz Ramírez Jesús Olivares Rodríguez.

Actividades y herramientas implementadas en la etapa de MEDIR.

3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO

El presente apartado se enfocó en la etapa número 3 del DMAIC, que es análisis para el desarrollo y puesta en marcha del estudio, con el fin de utilizar los mecanismos requeridos y así encausar el proyecto a los resultados deseados, mediante la obtención de datos suficientes e idóneos para el éxito en el cumplimiento de los objetivos planteados al inicio del documento.

Cada una de las fases que presenta el DMAIC, ofrece una serie de herramientas para ser utilizadas en el campo; es útil y provechoso saber cuál de todas las que ofrece la metodología es posible de utilizar en cada punto, pues no todas se adaptan al proyecto en curso. En este caso y para esta etapa, se usó: el mapeo de procesos, la distribución de planta, diagrama de flujo, hojas de trabajo, registros, estas pues, se consideraron como aptas en esta fase (análisis) para la resolución del proyecto.

Para ello se analizó la capacidad del proyecto, así como la estadística disponible, cuyo fin fue determinar el estado actual del proceso y determinar las causas primordiales que pasaron a ser estudiadas.

En esta fase 3, la aplicación de una lluvia de ideas resultó provechosa, con la cual, se pretendía tener un mejor conocimiento de las causas del problema en estudio, así como mayor conocimiento del proceso; de igual forma, se determinó la distribución en planta del proceso en estudio, un diagrama de flujo, así como la revisión y análisis de históricos de la empresa, basados en el proceso seleccionado; todo, información requerida para seguir con el siguiente punto.

El análisis de causas producto del problema del proyecto y sus resultados, han sido tabulados, analizados y expuestos a verificación por los jefes de Cooperroz, para su validación efectiva.

Tabla 3

Resumen del punto 3.3: Analizar

ETAPA	ANALIZAR
ACTIVIDADES PARA LOGRAR LA ETAPA	Determinar y analizar las causas encontradas del problema, que dieron pie al proyecto, para reducir los efectos negativos que se puedan presentar durante el transcurso de este.
HERRAMIENTA(S)	Distribución de planta Diagrama de flujo Mapeo de proceso Reportes Lluvia de ideas
PLAZOS	Octubre-noviembre, 2019
RESPONSABLE(S)	Francisco Gutiérrez Mena

Actividades y herramientas utilizadas en la ejecución de la etapa ANALIZAR.

3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

La implementación del estudio en curso fue desarrollada en la planta arrocera Cooperroz, ubicada en Parrita. El proceso se delimitó al área de secado del arroz en granza, donde se demostró que al bajar la humedad del grano antes de la etapa de pulido, se mostraba mejor resultado en términos de arroz entero versus arroz quebrado, pero esto generaba una pérdida de peso de importante consideración.

Una vez con las pruebas de hipótesis realizadas y verificadas, el estudio económico para determinar la idoneidad en la aplicación del proyecto fue necesario. Esa pérdida de peso en el grano producto de la baja humedad, había que compararla ante los ingresos que generaría el procesar ese porcentaje de humedad y ver la rentabilidad como tal, para que los altos jerarcas de la empresa, tomaran las decisiones en cuanto a la propuesta en estudio.

Los costos en la implementación del proyecto no implicarían mayores gastos, pues la planta cuenta con todo lo necesario, hablando de recurso humano, tecnológico y material, para la ejecución de este; de igual forma los precios con los cuales el arroz procesado bajo ese método de secado al 11% frente al 13% actual, tampoco generaría mayor problema, pues sus precios ya están dados por la entidad encargada de regular precios a nivel nacional y son de conocimiento del consumidor final.

Tabla 4

Resumen del punto 3.4: Mejorar

ETAPA	MEJORAR
ACTIVIDADES PARA LOGRAR LA ETAPA	Aplicar la prueba de hipótesis de análisis de un factor ANOVA, que cumple y se amolda con satisfacción dentro del alcance planeado del proyecto y así se pueda realizar el estudio económico deseado, para verificación de su beneficio.
HERRAMIENTA(S)	Diseño de experimentos: Prueba de hipótesis respectiva Hoja de datos Microsoft Excel Gráficos Diagramas VAN TIR
PLAZOS	Octubre-noviembre, 2019
RESPONSABLE(S)	Francisco Gutiérrez Mena

Herramientas y actividades utilizadas durante la etapa MEJORAR, para lograr el apartado.

3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS

Con la aprobación de los resultados del modelo experimental realizado, el ingeniero de planta, en conjunto con la gerencia, serán quienes determinen el momento necesario para comenzar a implementar el nuevo método de secado de la granza; para ello, un documento legible en donde se muestren los resultados económicos ha sido determinante para mayor comprensión. La tabulación de los resultados por medio de pizarras físicas, para que pudieran ser vistas dentro del departamento de ingeniería de planta, sirvió para que quienes entren al sitio (empleados en general de Cooparroz) puedan observar los resultados de la validación de hipótesis.

Las hojas de verificación dentro del Departamento de secado han sido analizadas para que la adaptación, cuando se crea conveniente de aplicar, no presente problemas, pues la forma tradicional es secar el arroz al 13%. De esta manera los encargados de secar el arroz fueron instruidos en la oportunidad que ofrecía el método de producción planteado, pues los procedimientos de secado siguen siendo los mismos, solo se amplió el tiempo en horas que dura la materia prima en las secadoras (aproximadamente 1 a 2 horas más).

Los encargados de secado y laboratorio fueron parte esencial del proyecto dentro del alcance; esas han sido las áreas de proceso en las cuales se trabajó. Para el Departamento de laboratorio, quienes han trabajado por algunos años mediante el ingreso de datos de forma digital de las muestras, con las cuales determinan calidades del arroz, rendimiento, entre otros aspectos, resultó

provechoso pues los datos ingresados en la hoja de cálculo Excel arrojaron los resultados con los cuales pueden verificar el comportamiento del grano secado hasta el 11% de humedad.

El control en los registros de los resultados de producción desarrollados en el laboratorio de análisis de muestras servirá a ingeniería de planta para la observación de los comportamientos del grano; de igual forma, tendrán la responsabilidad de mantener el proceso bajo control, pues cambios anormales que surjan en el camino afectan los rendimientos y generan pérdidas en colones que afectan la rentabilidad del negocio.

Aspecto por considerar tras la realización de la prueba de hipótesis, es que fueron aplicadas en el laboratorio y bajo condiciones iguales a las que se presentan en el día a día dentro del Departamento de secado de arroz en granza(campo). Esto sirvió como pruebas piloto necesarias dentro de un proyecto de este tipo y sus resultados determinaron la validación de este.

Tabla 5

Resumen del punto 3.5: Controlar

ETAPA	CONTROLAR
ACTIVIDADES PARA LOGRAR LA ETAPA	<p>Mostrar resultados obtenidos, tanto del experimento como su aporte económico, al gerente de planta y gerente general de Cooparroz.</p> <p>Capacitar a los encargados de secado y laboratorio sobre la importancia del nuevo método de procesamiento de secado, así como su compromiso en el logro de resultados.</p> <p>Mantener registro físico y digital del proceso, tanto en laboratorio como en secado, para poder ver comportamientos atípicos y así, la ingeniería de planta pueda tomar acciones correctivas.</p>
HERRAMIENTA(S)	<p>Monitoreo</p> <p>Tabulación de resultados</p> <p>Reportes</p> <p>Registros</p>
PLAZOS	Noviembre-diciembre, 2019
RESPONSABLE(S)	Francisco Gutiérrez Mena

Actividades y herramientas implementadas para lograr la etapa de CONTROL.

CAPÍTULO IV. LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DENTRO DE COOPARROZ

4.1.1 Descripción general de la situación actual dentro de la empresa.

El grano de arroz una vez obtenido es almacenado dentro del silo correspondiente con un porcentaje de humedad del 12.5% al 13% (recomendado por Conarroz), esto porque debe permanecer ahí al menos de 2 a 3 meses mientras madura, hasta que el ingeniero de planta gire órdenes de producción; es ahí donde se empieza a utilizar el producto. El tiempo de almacenado varía según el tipo de arroz.

La empresa en estudio en este proyecto utiliza el sistema de obtención de materias primas mediante la siembra directa y compra de la granza en el campo, gracias a agricultores socios de la cooperativa (ver apéndice #1). Cooparroz también maneja la importación de granos, uno de los países que suplen esta demanda es Uruguay. De igual forma la secan y por último la procesan para su debida distribución y que así llegue al consumidor deseado.

Dentro de algunos de los tipos de arroz se encuentran Puita Inta, Nayudel y Lazarroz, este último necesita un periodo más de maduración dentro del silo para ser procesado (alrededor de 3 meses).

Conarroz mantiene un estricto control a las empresas arroceras y Cooparroz no se escapa de ello, pues desde la etapa de obtención de materia prima hasta la etapa de almacenaje, los riesgos derivados de un descuido ya sea por situaciones ambientales, de máquina, de método, entre otros, genera pérdidas en materia prima pues el grano se ve expuesto a una serie de problemas que

implicarían altos costos de control, lo cual, derivaría en pérdidas hacia la empresa y una baja en el rendimiento esperado.

Dentro de los factores que influyen negativamente están las plagas, hongos, descontrol en la temperatura, manchas en el grano, roedores, bajo porcentaje de masa blanca, debilidad en el grano, lo cual implicaría un mayor porcentaje de producto quebrado y un menor costo en el mercado, ante el arroz entero.

A continuación, se mostrará un cuadro donde se reflejan los valores en colones actuales del arroz, una vez procesado, en términos de entero y quebrado, en quintales:

Tabla 6

Precios del arroz entero versus quebrado, en quintales

PRODUCTO	VALOR EN EL MERCADO NACIONAL	PRECIO POR KILO
Quintal de arroz entero procesado	₡33000 colones (treinta y tres mil colones)	₡717.39 colones
Quintal de arroz quebrado procesado	₡8000 colones (ocho mil colones)	₡173.91 colones

Información suministrada por el ingeniero Jesús Olivares, encargado de planta dentro de la arrocera Cooperroz, Parrita.

Como muestra la tabla 6, la diferencia entre los precios en quintales de los 2 tipos de rendimiento de arroz es de ₡25000, pues el mercado le da mayor peso

al producto con mejor calidad y esto es lo que buscan las empresas arroceras, la obtención en mayor medida de arroz entero frente al quebrado. De ahí la importancia de verificar mediante una documentación consistente basada en pruebas, si realmente al pilar arroz cuando este fue almacenado en el silo por los meses necesarios con una humedad rondando el 11%, se genera mayor cantidad de rendimiento en el grano en términos de entero, tomando en cuenta el problema de pérdida de peso que sufre.

En cuanto al valor en colones por kilo de entero o quebrado, se sabe que 1 quintal cuenta con 46 kilos, por lo cual, el valor por kilos para ambos casos sale de dividir esos 46 kg entre el precio por quintal.

4.1.2 Descripción de la situación actual dentro del área de laboratorio.

Una vez el agricultor siente que el producto está listo, para estar revisando su cosecha, puede proceder a enviar una muestra a Cooparroz (socios) específicamente al laboratorio donde se examinará. El fin es demostrar que su cosecha está dentro de los parámetros de humedad deseados en la industria, la cual debe oscilar entre un 20% a un 25%. De ahí para abajo se considera una cosecha pasada de tiempo y de 25% para arriba se estima como materia prima aún verde. Los resultados serán pasados al proveedor nuevamente para que él tome las decisiones pertinentes.

La empresa en estudio, ya cuando el agricultor socio quiere venderle su producto, gira una guía para pedido la cual debe ser llenada por el proveedor (contiene aspectos como el nombre, tipo de arroz, cantidad de recibo en quintales, nombre del chofer, placa, otros). Este documento debe ser entregado el día que el lote es llevado a las instalaciones de Cooparroz para su descarga.

Frente a las oficinas del laboratorio, el vehículo debe esperar mientras el personal de dicha área saca una muestra representativa que promedia entre 3 a 4 kilos por medio de un instrumento llamado “chuzo” de unos 2 metros de alto, el cual, presenta aberturas a lo largo del tubo para poder captar muestras desde abajo hacia arriba de donde viene el grano en el camión. Esto con el fin de tener mayor fidelidad de muestra, pues pasa que, en ocasiones el proveedor envía producto de baja calidad en las partes inferiores en donde el grano viene transportado.



Figura 12. Instrumento para toma de muestras

Fuente: Tomado en Cooparroz, 2019

Mientras el camión pasa a la parte de descarga para que su producto pase al área de secado la muestra obtenida se divide para guardar, durante aproximadamente 15 días, unos 2 kilos de ella como evidencia en caso de algún imprevisto que ocurra y así tener respaldo frente al proveedor. Otros 1500 gramos son tomados, estos últimos son llevados dentro del laboratorio para ser procesados, primeramente, pasan por unas zarandas (ver figura #13. Instrumento para determinar humedad e impurezas en la muestra) cuyo objetivo es determinar las impurezas presentes en el lote; posterior a ello, es sometido a una secadora de

tamaño compacto lleva el grano a un aproximado de humedad del 13.50% y luego se deja en reposo por al menos 10 horas.



Figura 13. Instrumento para determinar humedad e impurezas en la muestra

Fuente: Tomado en Cooparroz, 2019

Se deja todo ese tiempo en espera pues si se hacen los análisis siguientes de una vez, el grano tiende a quebrarse con mayor facilidad, porque el proceso de secado a nivel de laboratorio se hace en poco tiempo, comparado con lo que dura en el campo que promedia unas 12 horas, dependiendo de la humedad con la cual el grano es llevado por el proveedor.

La muestra, una vez concluida la etapa de reposo, se lleva a las máquinas del laboratorio simulando los procesos de descascarado, pulido, al homogeneizador, que se encarga de mezclar bien el producto finalmente obtenido para su análisis y por último a la mesa separadora, una máquina cuya función es determinar las cantidades de arroz, en términos de entero, quebrado y puntilla obtenidos de la muestra (ver apéndice 2).

La misión del laboratorio es determinar que la materia prima obtenida cumpla con las condiciones esperadas y el producto final genere beneficios a la empresa, al consumidor, a sus socios. Los resultados de la muestra, en cuanto al rendimiento del grano (entero, quebrado e impurezas), servirán como base para calcular el monto por cancelar al agricultor, el cual, en caso de sentirse inconforme tendrá un espacio de solo 15 días para reclamar si así quisiere; por ello, en el laboratorio se deja una muestra para evidencia del producto recibido.

4.1.3 Descripción de la situación actual dentro del área de secado

Esta es el área bajo lupa del proyecto investigativo, acá es donde surge la hipótesis planteada para ser desarrollada y expuesta en este documento.

Los tiempos de cosecha en los que el área de secado recibe producto es de julio a noviembre, producto tanto nacional (por medio de los socios de Cooparroz) como importado. Cuando esto sucede, los camiones que llevan el grano desde el campo hasta la planta deben pasar por la zona del laboratorio para dejar la muestra de su cosecha, mencionada anteriormente en el punto 4.1.2.

El camión llega a la fosa ubicado en la parte de atrás de la planta, una explanada en donde el producto es descargado por medio de un elevador que lleva la materia prima hasta alguno de los dos silos de recibo.



Figura 14 Silos de recibo

Fuente: Tomado en Cooparroz, 2019

La vigilancia del encargado de área es vital, él debe contar con amplia experiencia en este campo para verificar que todo se desarrolle de la mejor

manera posible. El promedio en quintales que reciben por camión oscila entre los 300 a 700, dependiendo del tamaño y espacio de carga que posea.

Es necesario mencionar que, dentro de estos 2 silos, cada uno de ellos cuenta con un tubo el cual presenta huecos con el fin de que si el grano viene caliente a más de 40 grados centígrados, se ventilan, encendiendo un abanico externo que lleva el producto a una temperatura más baja. Esto se hace, pues si el grano se lleva al silo de almacenamiento temporal con esa temperatura mientras espera turno en la zona de secado, se puede poner pegajoso y dañar un poco la materia prima, agarrar mal olor o manchar; por lo cual, prefieren evitar riesgos haciendo este procedimiento todo esto bajo el criterio del encargado de secado.

Posteriormente, la materia prima baja por los silos de recibo hacia unas zarandas de limpieza encargadas de eliminar impurezas como ramas, semillas, polvo, entre otras, para que el producto caiga en un cubículo; allí es llevado por elevadores a otra máquina que continúa con la eliminación de impurezas; luego, sigue hasta los 2 silos de espera, que de igual forma, cuentan con ventilación interna para mantener el arroz aireado en caso de que los 4 secadores estén ocupados y se genere una espera en el proceso, pues las secadoras duran realizando su trabajo entre 12 a 14 horas, dependiendo de la humedad con la que les ingresó el grano.

Cooparroz cuenta con 5 secadoras, 4 de ellas ya entradas en años y una tiene 2 años de haber sido adquirida; la capacidad de almacenar y secar de las 4 veteranas es: 2 de ellas hasta 300 quintales y las otras 2 captan unos 260 quintales. Cuando están llenas, se ponen en marcha, se enciende el horno el cual

usa como combustible para funcionamiento la cascarilla obtenido en el área de molino, durante el proceso de descascarado.

La secadora más nueva cuenta con un silo de espera en caso de que esté ocupada, pero tiene una capacidad de aproximadamente 1500 quintales; solo es usada en casos especiales como cuando hay mayor demanda para evitar colas y el proceso de secado es igual debido a su capacidad.

En las secadoras, una vez ingresada la granza en cualquiera de las 5 secadoras, la humedad debe ser bajada a razón de un 1% por hora, por ello, la duración en las máquinas de secado es de aproximadamente de 12 a 14 horas suponiendo que ingresa la materia prima con un rango entre el 20% y 25% de humedad.

Cada hora en que el arroz pasa en las máquinas de secado, el encargado de área debe sacar una pequeña muestra de cada uno de los secadores en funcionamiento e ir al laboratorio en donde está la máquina, a la cual le llaman Motón para medir el porcentaje de humedad y verificar que se está cumpliendo con la meta de bajar solo un 1% de humedad por cada hora transcurrida.

Esto debe quedar registrado en una hoja de verificación, para que el ingeniero de planta observe el cumplimiento de la tarea y que no se está alterando el ciclo de secado, pues puede traer efectos adversos en el rendimiento del arroz, como lo son la obtención de más grano en términos de quebrado, cuyo valor en el mercado es poco.

A continuación, se mostrará una hoja de verificación que contiene información relevante de este proceso:

COOPARROZ RL
SECADORA NUEVA

Inicio de llenado de silo	Final de llenado de silo	Inicio de llenado de secadora	Final llenado de secadora	Humedad de entrada	Humedad de salida	impureza inicial	Impureza final	consumo de amperios	inicio de descarga secadora	final desc
---------------------------	--------------------------	-------------------------------	---------------------------	--------------------	-------------------	------------------	----------------	---------------------	-----------------------------	------------

FECHA	HORA	HUMEDAD	TEMPERATURA
4-10-19	9.p.m	24,45	30
"	10.p.m	23,24	38
"	11.p.m	21,99	40
"	12.p.m	20,69	46
"	01.a.m	19,61	44
"	02.a.m	18,77	46
"	03.a.m	17,70	43
"	04.a.m	16,92	42
"	05.a.m	16,12	42
"	06.a.m	15,06	40,4
	7 a.m	14,56	40,9
	8 a.m	13,94	43,3
	9 a.m	13,71	43,5
	10 a.m	12,36	41,1

FECHA	HORA	KILOS CASCARILLA HORA	T: °C	SP:
4-10-19	9.p.m	184 Kg	47	87
"	10.p.m	450 Kg	67	87
"	11.p.m	450 Kg	75	86
"	12.p.m	319 Kg	76	82
"	01.a.m	364 Kg	74	80
"	02.a.m	334 Kg	72	78
"	03.a.m	244 Kg	69	70
"	04.a.m	244 Kg	76	70
"	05.a.m	289 Kg	65	69
"	06.a.m	300 Kg	67,2	68
	7 a.m	278 Kg	67,9	67
	8 a.m	259 Kg	65,5	66
	9 a.m	248 Kg	64	66
	10 a.m	—	—	—

Figura 15 Hoja de verificación proceso de secado

Fuente: Tomado en Cooparroz, 2019

Como demuestra la figura 15 (hoja de verificación proceso de secado) tomado el 4 de octubre de 2019, al lado izquierdo se evidencia que por cada hora que pasa el producto en el secador, el porcentaje de humedad va bajando en un aproximado de un 1%; también se observa el control de temperatura interna del grano, el cual, no debe ser superior a 40 grados centígrados. De esta forma, el Ing. Jesús Olivares Rodríguez encargado de planta, puede ver que realmente están desarrollando el procedimiento como debe ser, pues, al cabo de unos 15 días estos registros dejan de existir.

Con la información vista en la figura 16 (gráfico basado en muestra obtenida en la hoja de verificación del 04/10/19), se elabora el siguiente gráfico:

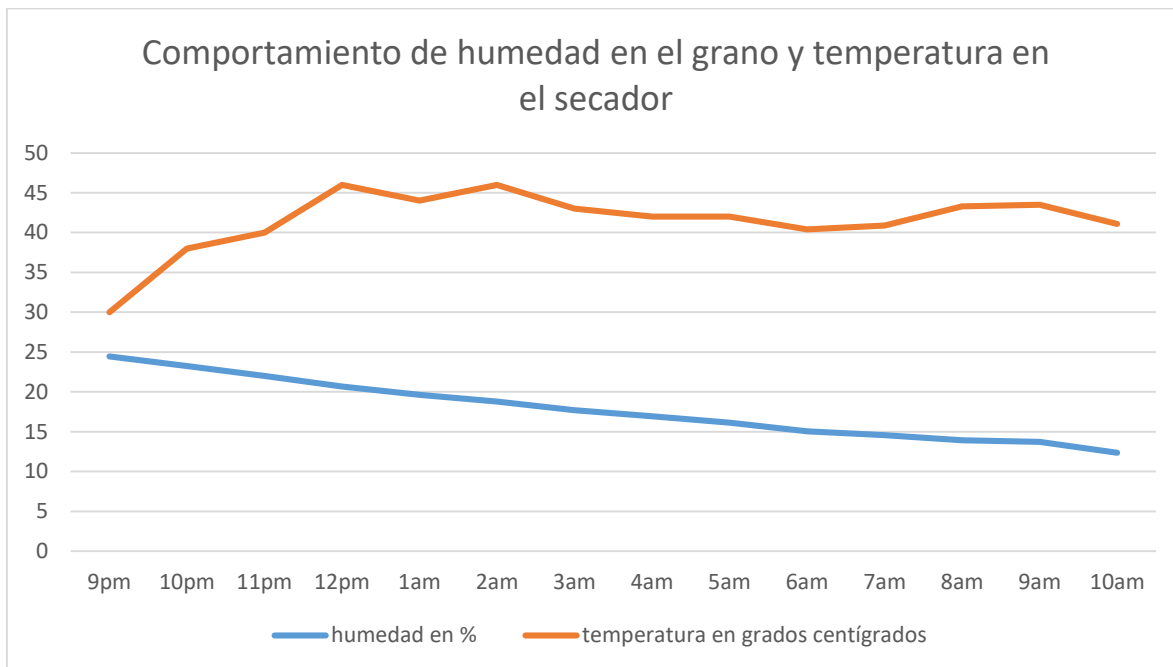


Figura 16 Gráfico basado en muestra obtenida en la hoja de verificación del 04/10/19

Fuente: Elaboración Propia, 2019

Lo anterior muestra el comportamiento en la humedad del arroz durante el transcurso de las horas, además, evidencia la temperatura donde se mantiene el grano en los secadores producto de la actividad en los hornos (deben andar en los 40 grados centígrados como promedio), como se ve, cuantas más horas pasan, más caliente se pone y más baja la humedad hasta el punto esperado.

Una vez que la materia prima obtiene el porcentaje de humedad esperado del 13%, ya puede ser transportado por medio de fajas hacia los silos (Cooparroz tiene 6 silos a disposición para almacenar el arroz listo para procesar en el área siguiente que es Molino). Estos silos deben ser previamente aseados, el personal

debe entrar a limpiarlos adecuadamente y alistarlos para recibir el producto. En estos silos, el arroz sin pilar debe permanecer por alrededor de 2 a 3 meses, según su tipo (pues hay unos que maduran más rápido que otros).

Durante este tiempo el grano es vitaminado y desinfectado con pastillas, las cuales se transforman al estado gaseoso una vez que tienen contacto con el aire, esto se realiza para llevar un control de plagas y su procedimiento es de mucho cuidado. También es ventilado periódicamente para evitar el calentamiento, esta tarea la realizan unas 2 veces por semana en espacios de aproximadamente 4 horas; para ello deben analizar la humedad del ambiente pues si la humedad es alta, no pueden ventilar el grano hasta esperar que el clima esté más seco. La humedad con la que el arroz ingresó al silo la conserva durante su estancia, antes de ser procesado ya para consumo.

4.1.3.1 Brainstorming: ¿Procesamiento de arroz con una humedad de almacenamiento en silo de hasta un 11%?

Mediante una sesión de trabajo realizada (ver apéndice #3), se conversa con 5 personas, quienes son el encargado de Conarroz Víctor Muñoz Ramírez, el ingeniero de planta de Cooparroz don Jesús Olivares Rodríguez, el encargado de laboratorio de Cooparroz Jonathan García Zumbado, un encargado del área de secado don Nelson Chávez Sánchez y la gerente de esta empresa doña Floricel Lara Barrantes, todos con relación e interés por el proyecto realizado.

La idea fue generar información con respecto al tema propuesto así como las principales inquietudes de cada uno de ellos, quienes son la voz experta en la planta.

Dentro de todo lo comentado durante la sesión, inquietudes e ideas, surgidas mientras el tiempo avanza, se destacan:

- Se generaría un mejor beneficio con respecto a las técnicas de procesamiento actual.
- Tendrá alguna afectación en el rendimiento del grano a la hora de mandarlo a las líneas para su procesamiento, hablando en términos de entero y quebrado.
- Cómo afectará en la cantidad de masa blanca (pilado) del arroz, una vez procesado.
- Cuáles serán los costos al mantener el secador encendido por más tiempo, considerando que el secador solo puede bajar un 1% de humedad por cada hora transcurrida.
- El grano deberá permanecer menos tiempo en el silo de almacenamiento considerando la maduración del grano.
- Se debe considerar la pérdida de peso que sufrirá al bajar la humedad del 13% a un aproximado de 11%.

La última idea fue la de mayor enfoque, la relacionada con el peso del grano. El principal motivo es que al arroz se le estará reduciendo hasta un 2% de humedad a todo el lote almacenado antes de convertirse en producto en proceso y luego en producto final, al cabo de 2 o 3 meses cuando entre a molino y empaque.

Esto significa que por cada kilo de arroz procesado dentro de la planta, el peso final del producto será menor (menos de esos 1000 gramos) y para ello

deberán compensarlo con más arroz, pues deben cumplir con la cantidad que están ofreciendo al consumidor.

Esa humedad es agua, por ello, un ingeniero agrónomo que le brinda servicio a Cooperroz ya había comentado anteriormente con el Ing. Jesús Olivares Ramírez, acerca de las implicaciones de bajar el arroz hasta ese grado de humedad pues sería venderle menos agua (peso) al consumidor; de ahí que se deben tomar medidas de compensación, así como chequear qué tanto afectaría el rendimiento en el producto procesado.

4.1.3.2 Diagrama flujo área secado

Como se mostrará en la figura 17 (Diagrama actual de flujo en el área de secado) ese es el actual flujo del proceso dentro del área de secado, desde la recepción de la granza hasta su depósito en el silo. Este fue brindado por el ingeniero Jesús Olivares y comprende desde el recibo de la granza hasta su almacenamiento en el silo correspondiente.

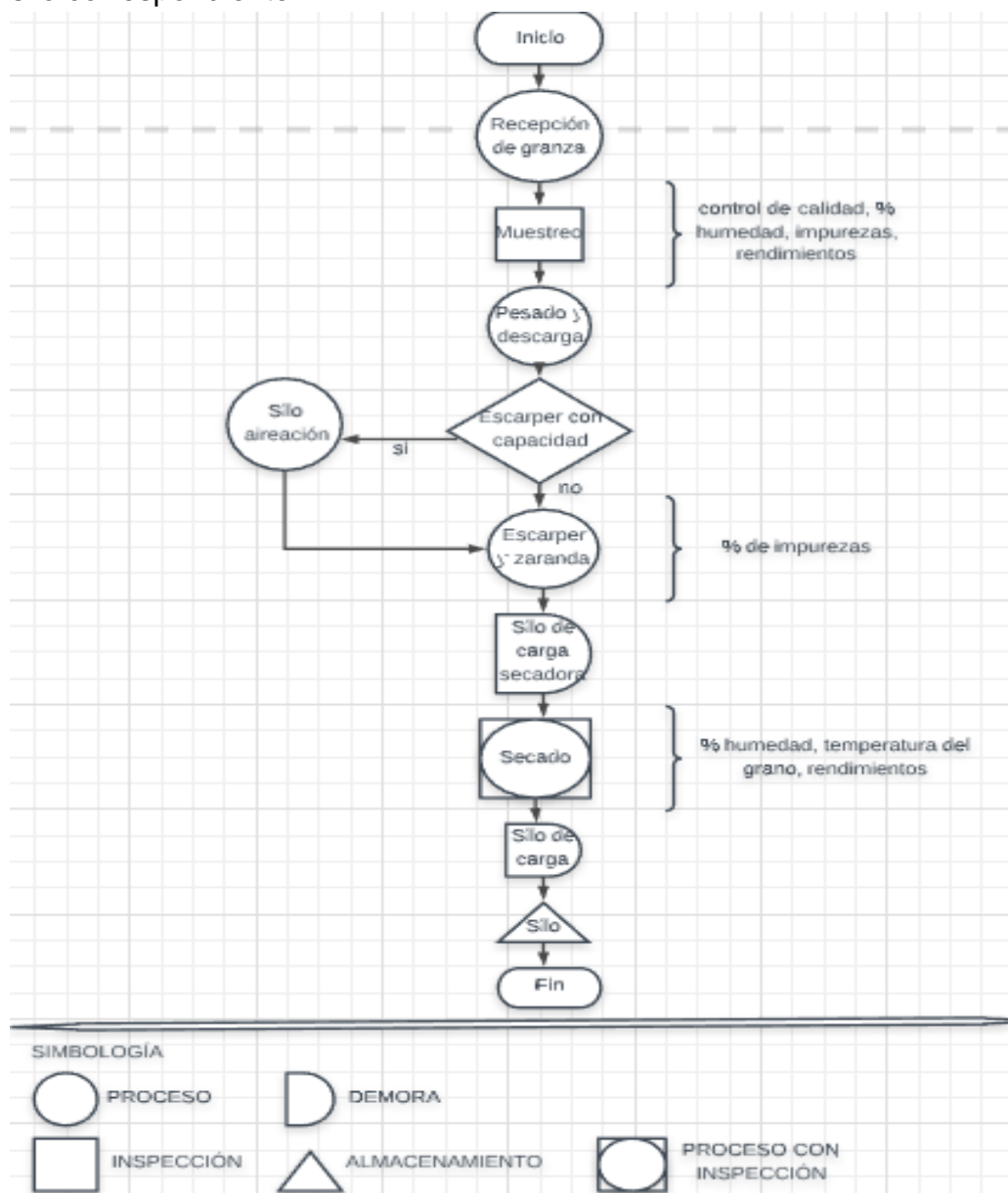


Figura 17 Diagrama actual de flujo en el área de secado

Fuente: Información obtenida en Cooparroz, 2019

Este diagrama actual, revisado y tomado de la información de Cooparroz el día 2 de setiembre explica cada uno de los procesos y actividades que se deben realizar en cada una de las etapas, mientras el producto ingresado es pasado por los diferentes sectores del área de secado.

Las actividades contempladas en el documento de dónde provino esa información son 9; obsérvese:

Recibo y almacenamiento de arroz en granza (figura 17. Diagrama actual de flujo dentro de área de secado), se observan los siguientes pasos:

1. Registro de peso de granza húmeda (romana camionera).
2. Muestreo previo de arroz recibido (chuceo) para análisis inicial de granza recibida.
3. Tolda de recibo (incluye equipo mecánico de movimiento).
4. Pre-limpieza (scalper, ciclones, zarandas).
5. Silo de reposo.
6. Secadoras.
7. Pre-limpieza (scalper, ciclones, zarandas).
8. Registro de peso de arroz secado (medidores de flujo o romanas de paso).
9. Silos de almacenamiento (incluye equipo mecánico de movimiento).

En el flujo actual con el que cuenta Cooparroz, no se muestran los tiempos que duran en promedio cada uno de los procesos mostrados en el diagrama, ni tampoco las distancias de los transportes internos; por ello, mediante una sesión de trabajo con el encargado del área de secado don Nelson Chávez Sánchez, quien maneja mejor los tiempos y distancias dentro de la zona, se logra determinar y plasmar en un diagrama de flujo con tiempos y distancias promedio totales.

En la siguiente imagen se observará el resultado de esa sesión de trabajo, aprobado por el ingeniero de planta, Ing. Jesús Olivares Ramírez.

Debido a que las cantidades ingresadas a secado para ser procesadas varían según el tamaño del camión, el presente diagrama se hace tomando como referencia un lote de tamaño de 300 quintales, por lo cual, todos los datos en cuanto al tiempo de duración por proceso serán en función de ello. Cooparroz recibe camiones de 300 hasta 700 quintales, de ahí la complicación en determinar un tiempo promedio según el peso ingresado.

Proceso: secado				resumen					
Hoja 1 de 1				ACTIVIDAD	CANTIDAD				
Fecha: 2 de setiembre del 2019				Operación	4				
Organigrama de: material (X) Persona ()				Transporte	4				
Tamaño de lote a considerar: 300 quintales				Demora	1				
				Inspección	1				
Método: actual (X) propuesto ()				Combinado	1				
				Almacén	2				
Hecho por: Francisco Gutiérrez Mena				Tiempo (hrs)	15,01 hrs				
Aprobado por: Ing. Jesús Olivares				Distancia (mtr)	97 mtr				
Descripción	Distancia	Tiempo	símbolos					observaciones	
1.Ingreso de materia prima			○	→	⌋	□	⊗	▽	Orden de pedido; pesaje
2.Muestreo para análisis		0.1 hrs	○	→	⌋	■	⊗	△	
3.Hacia el silo de recibo	50 mtr		○	→	⌋	□	⊗	△	
4.Silo de recibo		1 hrs	●	→	⌋	□	⊗	△	Ventilar cuando sea necesario
5.Prelimpieza (zaranda)		1 hrs	●	→	⌋	□	⊗	△	
6.Hacia silo de reposo	4 mtr		○	→	⌋	□	⊗	△	
7.Silo de reposo			○	→	⌋	□	⊗	△	Esperar turno en secadora Ventilar cuando sea necesario (aprox. 12 horas de espera)
8.Hacia secadoras	3 mtr		○	→	⌋	□	⊗	△	
9.Secadoras		12 hrs	●	→	⌋	□	⊗	△	
10.Porcentaje de humedad			○	→	⌋	□	●	△	Hasta llegar a un 13%
11. hacia pre-limpiador	15 mtr		○	→	⌋	□	⊗	△	
12.Prelimpiador		1 hrs	●	→	⌋	□	⊗	△	
13.Hacia silos de almacenamiento	25 mtr		○	→	⌋	□	⊗	△	
14.Silos de almacenamiento			○	→	⌋	□	⊗	▲	Almacenado de 2 a 3 meses

Figura 18. Diagrama propuesto de flujo en el área de secado

Fuente: Elaboración Propia, 2019

Para este diagrama actual, la única diferencia a nivel de proceso es que si gerencia aprobara el método de reducción de humedad hasta un 11% y lo realiza cuando crea conveniente, en la actividad número 10, que es sobre el porcentaje de humedad, se debe chequear que este llegue aproximadamente hasta un 11% deseado y no en los rangos actuales del 12.5% hasta 13%.

La única demora que aparece en el flujo, no muestra un tiempo promedio, pues no es tan común una demora de este tipo, considerando que todos los secadores estén ocupados, pero el tiempo que dura la granza en espera (sin importar la cantidad, pues pueden almacenar grandes cantidades en espera) es lo mismo que durará el grano en desocupar las secadoras; como se mira en la actividad 9, este tiempo promedia unas 12 horas.

También en la actividad número 14, el tiempo que permanece la granza secada hasta un 11% de humedad dentro del silo, es menor con respecto a los parámetros actuales, pues el grano madura con mayor rapidez y permite que el producto esté disponible en un menor tiempo.

4.1.3.3 Distribución en planta del área de secado

Para una mejor visualización en cuanto a la distribución en planta del área de secado, así como de la ubicación del laboratorio en donde se evalúan las muestras de Cooparroz, se elabora un croquis de distribución en planta (ver figura #19. Distribución en planta del área de secado), cuyo resultado se dió producto de la inspección en la empresa, en conjunto con un responsable de la empresa don Nelson Chávez Sánchez.

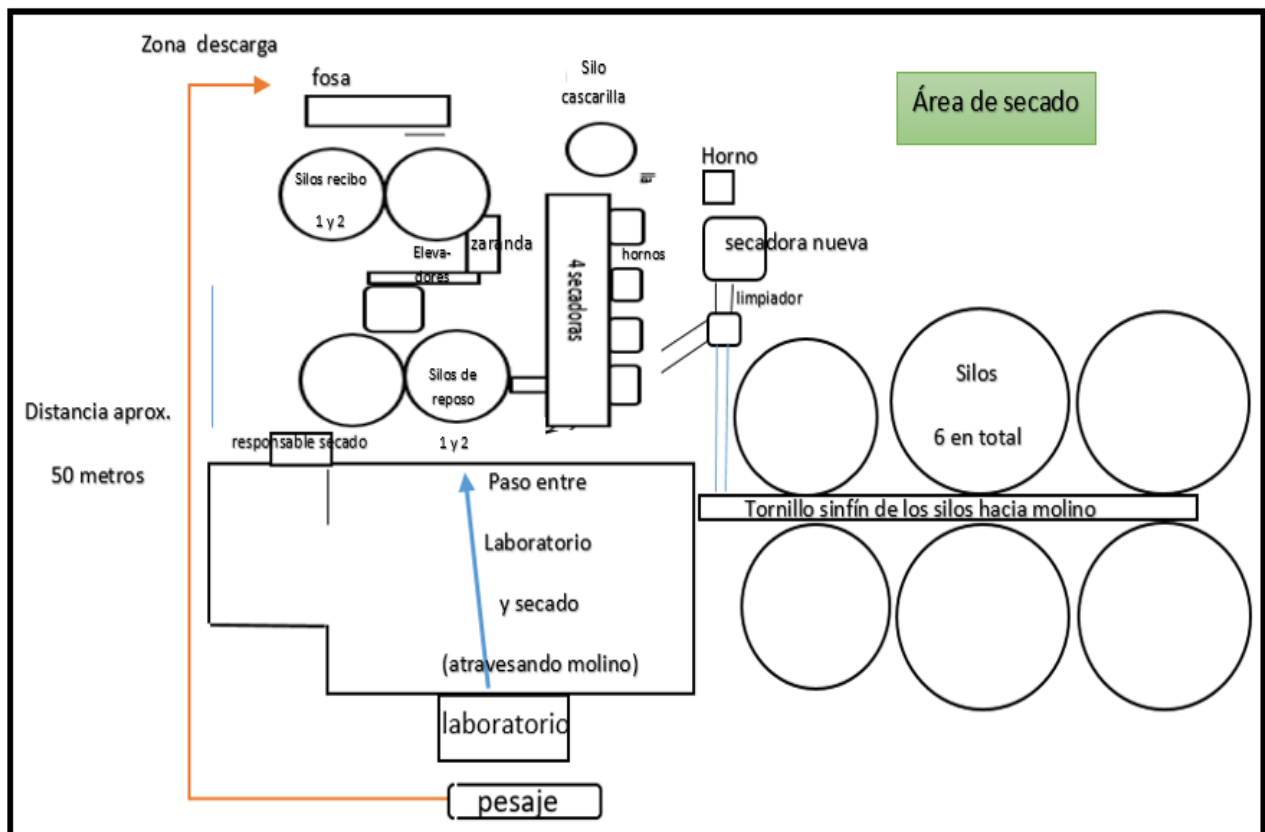


Figura 19. Distribución en planta del área de secado.

Fuente: Elaboración Propia, 2019

En el croquis anterior, solo se enfatizan las áreas delimitadas para este proyecto en el diagrama de flujo (figuras #17. Diagrama actual de flujo en área de

secado y figura #18. Diagrama propuesto de flujo en el área de secado). También las mediciones de humedad en las muestras obtenidas, tanto al ingreso de materia prima por medio del proveedor, como las tomadas en el área de secado para verificar que el grano va bajando la humedad con un porcentaje aproximado de 1% de humedad/hora; son realizadas en el laboratorio, mediante una máquina que llaman motón.



Figura 20 Motón: medidor de humedad

Fuente: Obtenido en Cooperroz, 2019

Esa es la medida en que debe bajar de humedad el producto antes de ser almacenado en los silos, pues un descontrol en este proceso, ya sea mediante un bajonazo brusco de humedad o lentitud de este, podría provocar rendimientos no

favorables para la empresa y, por tanto, menor calidad del producto una vez que pase por molino, que es el área siguiente en donde ingresa la materia prima almacenada por algunos meses para ser descascarada, pulida y clasificada para su entrega final.

4.1.4 Causas que afectan o contribuyen al problema

Durante este punto quedarán en evidencia aquellas causas que surgen producto de los “errores” no planeados (aunque se han hecho pruebas piloto, pero sin el estudio de impacto económico respectivo) presentados en la industria arrocera, en donde por diferentes motivos, los encargados de llevar la humedad del arroz del 13% al 13.5 % han fallado, lo cual baja su porcentaje hasta un 11% aproximadamente.

Se realiza un diagrama de Ishikawa (ver apéndice #3: minuta Ishikawa) para tener una mejor delimitación de las causas más relevantes evidenciadas, así como delimitar el problema raíz del proyecto mediante una lluvia de ideas y criterio de expertos dentro de la arrocera.

Un diagrama de Ishikawa (teorizado en el punto 2.2.3.2 de este documento) surge como una herramienta ingenieril por excelencia cuando se busca detectar las causas más importantes del problema y que tienen mayor impacto en los proyectos. Se consideran 5 aspectos:

- Mano de obra
- Materiales
- Maquinaria
- Medio ambiente
- Método

Esta herramienta se desarrolló después de una reunión llevada a cabo con el ingeniero de planta don Jesús Olivares Rodríguez, con el encargado de

laboratorio Jonathan García Zumbado y el encargado del área de secado don Nelson Chávez Sánchez. Todos ellos laboran para Cooparroz en la zona de Playón sur de Parrita.

Producto de la sesión, se define como el principal problema que genera el procesamiento de arroz promediando un 11% de humedad, la pérdida de peso que sufre el producto (ver figura #21. Diferencia de peso); eso ha quedado en evidencia a la hora de tomar muestras para medir el pesaje del producto. Incluso la gerente de la empresa, doña Floricel Lara Barrantes, ha mostrado su inquietud con respecto a esto.

Todas las causas que se presentan en la espina de pescado, son atinentes al proceso en donde surge el problema principal definido en la lluvia de ideas e impacta directamente en este, al generar dudas en cuanto al rendimiento final del arroz.

A continuación, se observa un extracto de los resultados en las muestras trabajadas, donde se pondrá en evidencia que sí existe una diferencia de pesos al aplicar mayor exposición de secado al grano (ver tabla #9: promedios).



Figura 21. Diferencia de peso

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

Las muestras trabajadas en el proyecto determinan que, al variar la humedad en los granos, se afecta el peso final del producto. En este caso, las muestras analizadas determinan una diferencia de peso de 10,4 gramos por cada kilo de grano procesado o un 1.6%.

Con la causa raíz determinada, se desarrolla el diagrama de Ishikawa, cuyas causas se trabajan para determinar si existen más problemas a los cuales prestar atención para mantener un mayor control del proyecto y cumplir con los objetivos finales de este.

4.1.4.1 Diagrama de Ishikawa del proyecto:

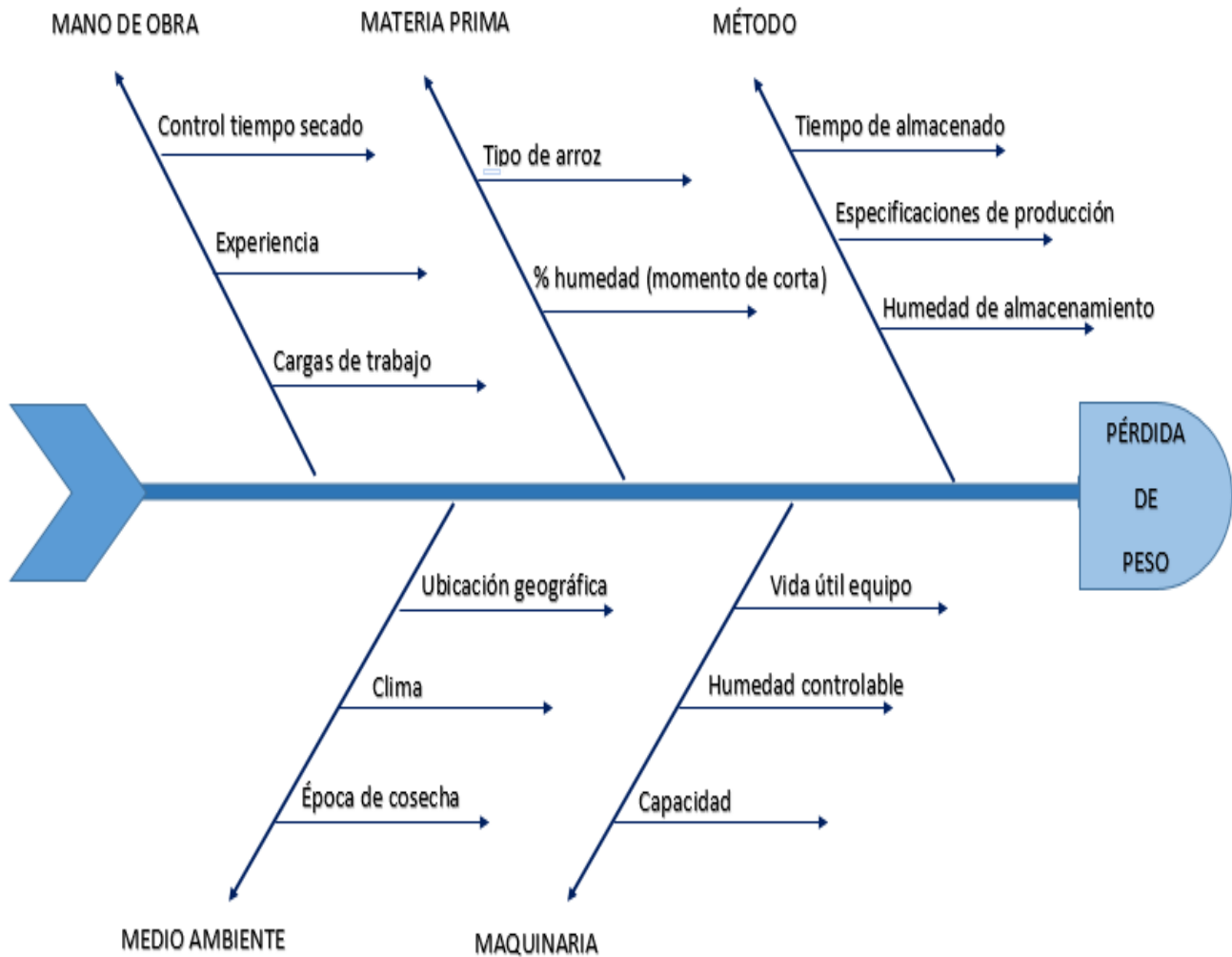


Figura 22. Análisis de causa-diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración Propia, 2019

El criterio que evidencia cada una de las causas (según su sección) anteriores, donde se les dió relación con la causa raíz, que es la pérdida de peso sufrida por el grano al llevarlo hasta un 11% de humedad, es el siguiente:

a) MANO DE OBRA

- Control tiempo de secado: la persona encargada de las secadoras a donde se lleva el grano hasta el porcentaje de humedad deseado, debe verificar, en un registro, que su proceso lo esté empleando de la forma correcta (bajar solo un 1% por hora) pues si se pasa de los 12.5% de humedad para abajo, se considera una pérdida de peso que afectará al producto cuando posteriormente entre a las etapas de molino y empaque.
- Experiencia: una persona que conozca bien el proceso es recomendable para encargarle la etapa de secado. Sin embargo, es importante asegurarse de que pueda utilizar y descifrar los instrumentos usados para medir calor y humedad del arroz mientras es secado.
- Cargas de trabajo: si bien es cierto y aunque a algunos de los empleados con mayor experiencia dentro de la planta se les dan roles de trabajo según las necesidades de producción (pueden rotar de áreas, según el criterio del entrevistado durante el recorrido por secado), esto no influye en el resultado del peso del arroz, pues al final, ellos saben la forma como deben asegurarse de que su trabajo lo desempeñen cumpliendo las especificaciones de producción.

b) MATERIA PRIMA

- Tipo de arroz: aunque el resultado al final es el mismo, el tipo de arroz utilizado como materia prima debe ser analizado para verificar el porcentaje de humedad con el cual está ingresando a la planta, así como su tipo, pues algunos deben permanecer menos tiempo en el silo ya que su tiempo de maduración, una vez que pasó por secado, es menor a otros. Si el grano pasa más tiempo en el silo de almacenamiento pueden proliferar plagas y bajas en el rendimiento.
- Porcentaje de humedad (momento de corta): si bien es cierto que el arroz cosechado fuera de los rangos de humedad del 20% al 25% trae problemas en los rendimientos, la pérdida de peso no se ve tan influenciada por esto, pues este aspecto afecta más en la parte de impurezas y grano con bajo rendimiento. El principal afectado acá es el proveedor, una vez la materia prima ingresa a planta, se toman las medidas correspondientes para llevar el producto a las condiciones óptimas posibles, para ser utilizado.

c) MÉTODO

- Tiempo de almacenado: el tipo de arroz determina el tiempo en que el grano permanecerá en el silo de almacenamiento. Sin lugar a dudas, el tiempo que este pase acá deberá ser revisado periódicamente para que mantenga su calidad y peso antes de convertirse en producto final.

- Especificaciones de producción: independientemente de las órdenes de producción (cuando se procesa al 13% de humedad) que surgen como consecuencia de la demanda, las especificaciones de producción no influyen en el peso final del producto; sin embargo, al especificar que el grano sea secado hasta un 11%, este sí tendrá influencia en el peso final del producto. Por ello es importante para la producción, conocer el resultado del costo/beneficio que esto generará, con este nuevo método de producción.
- Humedad de almacenado: la humedad de almacenamiento influye en el peso del producto, pues como se evidencia en estudios revisados (ver punto 2.4 estudios previos), cuanto mayor al 13% de humedad sea almacenado el producto, mayor es el porcentaje con el cual perderá peso con el pasar de los meses; ello, por cuanto el producto debe permanecer varios meses hasta ser calificado para entrar a molino en donde se descascarará y pulirá para convertirse en artículo de consumo.

d) MEDIO AMBIENTE

- Ubicación geográfica: en realidad, este punto no presenta una relación tan considerable con respecto a la causa raíz pues, aunque al menos en este proyecto, la empresa se ubica en una zona a nivel del mar, también existen otras dentro del país en regiones con diferencia geográfica. Por lo cual, no hay tanta afectación con

respecto a la pérdida de peso que surge por de la especificación planteada en este trabajo investigativo.

- **Clima:** comentaba el encargado de secado que el producto una vez almacenado en los silos, el grano se ventila al menos 2 veces por semana por espacio de 4 horas. Aunque parezca algo sin mayor complicación, deben considerar las condiciones del clima en cuanto a la humedad en el ambiente, pues si ventilan el producto cuando existe humedad, esto provocaría una inyección de esta en el grano y hace se pueda manchar y bajar el rendimiento; por ello, esto se hace cuando el ambiente esté más seco, a veces, hasta en la noche o madrugada.
- **Época de cosecha:** se ha mencionado que de julio a noviembre es cuando el tiempo de cosecha está en su clímax, sin embargo, el tiempo influye más que todo en la cantidad de rendimiento obtenido por el agricultor, por cada hectárea sembrada de su producto. Ello, por cuanto un mal tiempo provocará bajas en la calidad y hasta pérdidas para ambos, el proveedor socio y Cooparroz, pues este último deberá buscar la forma de abastecer el faltante en materia prima que recibe de los agricultores.

e) MAQUINARIA

- Vida útil equipo: como se ha observado durante los recorridos a lo interno del área de secado (en molino y empaque sí han hecho esfuerzos para modernizar la planta y así seguirán con el resto de las instalaciones), la mayor parte de los equipos de producción se encuentran aventajados de años; algunos ya no sirven, sin embargo, esto no influye tanto en el resultado de pérdida de peso que sufre el arroz cuando se procesa hasta el 11%, para ello realizan mantenimiento preventivo y cuidan 2 aparatos importantes que son el motón (ver figura 20. Motón: medidor de humedad) para controlar la humedad hasta el porcentaje deseado y un dispositivo que mide temperatura del grano, pues deben verificar que este, cuando está en las secadoras, no se pase de los 40 grados centígrados, pues si eso ocurre, provocaría que el grano se quiebre más cuando es descascarado y pulido en etapas posteriores.
- Humedad controlable: dentro de la maquinaria con la que cuenta Cooperroz, está el Motón, el cual, se ha explicado previamente, satisface las necesidades de laboratorio y área de secado, en cuanto a llevar un control de la humedad del producto tanto en la entrada de materia como en su proceso y salida. Esto para verificar que el arroz mantenga la humedad deseada y especificada para evitar sobrepasarse e incurrir en pérdida de peso (aunque ya al 11% de humedad, son hasta casi 2%, que está perdiendo el producto).

- Capacidad: las capacidades productivas de las máquinas no son influyentes con la causa raíz del proyecto, sin embargo, se citaron dentro de estas, pues cuando existe gran cantidad de entrada de materia prima producto de la temporada alta de cosecha, los controles del producto ingresado deben ser verificados por los encargados de secado, ya que habrá colas de materia prima esperando campo en las secadoras.

4.1.4.2 Diagrama de Pareto del proyecto

Realizado el diagrama de Ishikawa, se priorizan las causas arrojadas (ver apéndice #8) expuestas en las 5 categorías seleccionadas con respecto al problema raíz del proyecto. Para ello, se contó con el criterio del ingeniero de planta don Jesús Olivares Rodríguez y la observación directa en el campo de trabajo.

Causa raíz: Pérdida de peso en el grano

Tabla 7

Priorización de causas: Pareto

CATEGORIA	CAUSA	TOTAL
MANO DE OBRA	Control tiempo de secado	18
	Experiencia	3
	Cargas de trabajo	0
MATERIA PRIMA	Tipo de arroz	5
	% humedad (en corta)	2
MÉTODO	Tiempo de almacenado	5
	Especificaciones de producción	15
	Humedad de almacenado	11
MEDIO AMBIENTE	Época de cosecha	3
	Clima	4
	Ubicación geográfica	0
MAQUINARIA	Capacidad	0
	Humedad controlable	7
	Vida útil de equipo	0

Todos los datos anteriormente expuestos han sido analizados por las partes para la obtención de resultados certeros.

Los resultados del diagrama de Pareto se presentan a continuación:

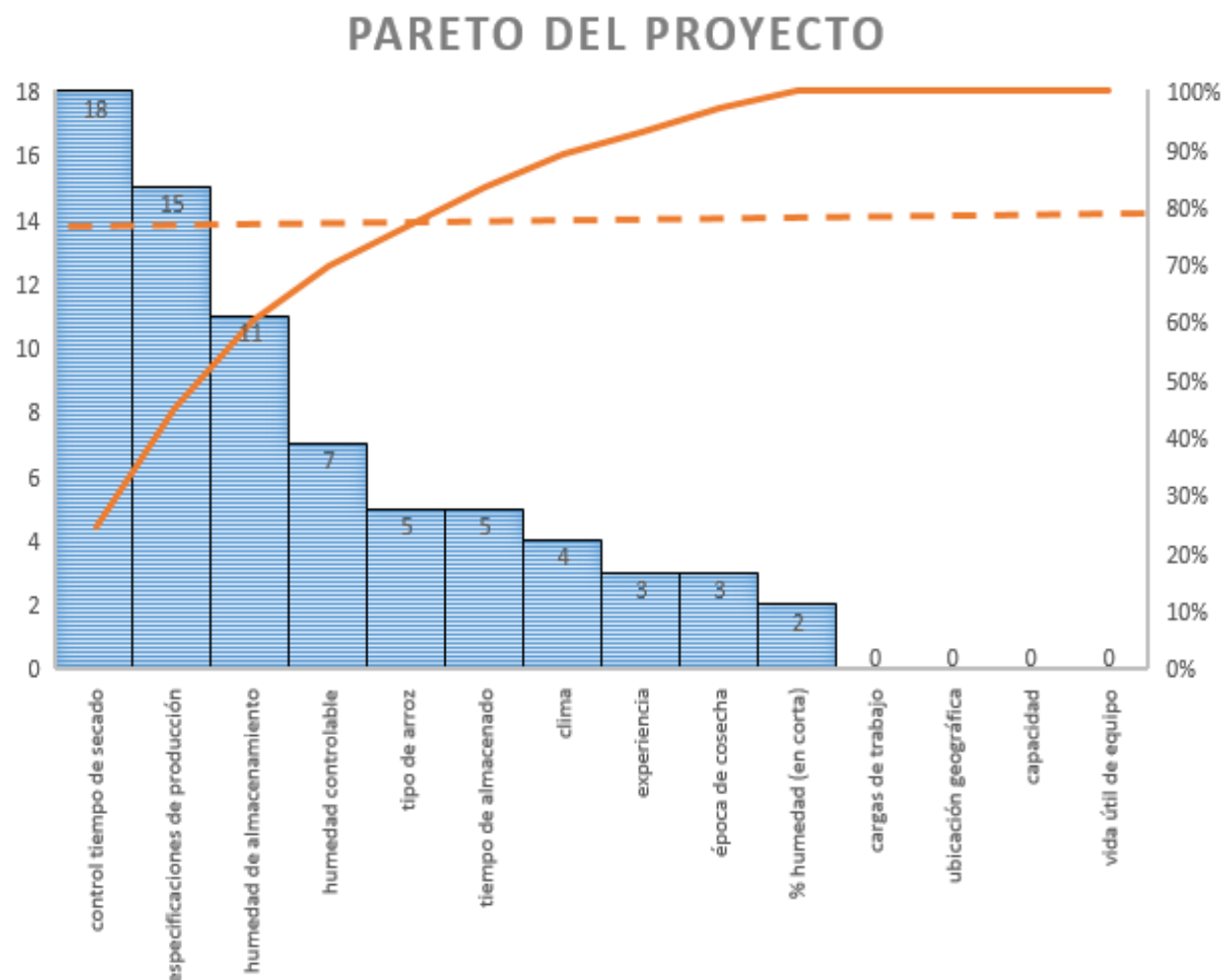


Figura 23. Pareto del proyecto

Fuente: Elaboración Propia, 2019

Los resultados en el 80/20 señalan dos causas que representan el 20% del total proyectadas y que causan el 80 % del problema de pérdida de peso del arroz en granza, ambas van de la mano pues el tiempo que el arroz pasa en el secador va determinado por las especificaciones de producción, por lo general se debe llevar hasta un 13%, sin embargo, una disminución en esa humedad para obtener una mejor calidad percibida provoca la pérdida.

Con lo anterior se quiere decir que al existir una orden directa del ingeniero de planta para secar arroz hasta un 11%, con el fin de obtener mejores resultados en términos de entero, el peso final sufre una variación que debe ser compensada. Eso es lo que se trabaja en esta investigación, determinar valores monetarios para verificar la efectividad del proyecto y sus rendimientos finales.

4.1.5 Conclusiones del diagnóstico dentro del área bajo estudio

- Al procesar el arroz con un 11% de humedad propuesto, se determina como causa raíz del problema a la pérdida de peso producto de la reducción de hasta un 2% en la humedad, planteada como ideal para obtener resultados favorables durante el procesamiento (ver figura #21. Diferencia de peso). Será conveniente profundizar más en la parte de rendimiento para establecer criterios oportunos, con los cuales, las personas competentes dentro de la empresa puedan tener y tomar decisiones certeras en cuanto a los resultados obtenidos. Para ello, es importante llevar un estricto control con datos reales en los muestreos realizados y tabular de forma clara lo que se considere importante recalcar.
- Los resultados del Pareto determinan que el tiempo de secado, el cual, puede ir determinado por especificaciones de producción, influyen con mayor frecuencia en las variaciones finales de peso en los granos pues a mayor exposición de calor (en tiempo), menor será el porcentaje de humedad final.
- Durante la realización de la prueba de hipótesis, el cuidado en los datos y cálculos que se estén mostrando debe ser cuidadoso. Queda definido que las muestras se desarrollarán solo a nivel de laboratorio, pues la empresa no quiere arriesgarse a llevar esta práctica a gran escala (utilizando un silo de almacenamiento de grano con hasta un 11% de humedad) sin antes haber visto los resultados con un estudio de costo/beneficio previo y documentado.

- Los resultados mostrados ante las personas competentes dentro de la arrocería Cooparroz (también para Conarroz), servirán para que ellos tomen las decisiones que consideren pertinentes y quedará a su criterio, si deciden implementar el método propuesto para la siguiente temporada de cosecha del próximo año, que es 2020. Con la realización de este proyecto se validará, al fin, la duda que tanto ha existido en el medio arrocero sobre si es factible o no la implementación de procesar arroz en granza hasta un 11% de humedad frente al 13% actual; se sabe que sí da resultados en cuanto a mayor cantidad de arroz entero, el cual, tiene un mayor valor en el mercado (ver tabla 6), pero al pesar menos, esa compensación en peso de arroz pasará al estudio económico y determinará la aceptación del proyecto según los resultados de las pruebas realizadas, por ello es que la documentación de resultados debe ser concisa y verás.

CAPÍTULO V. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

En el diagnóstico de la situación actual, se evidencia mediante la figura #21 (Diferencia de peso) que el factor clave que determina el peso final en el grano de arroz es el porcentaje de humedad, por el cual se trabaja el producto durante la etapa de secado, hasta ser almacenado en los silos correspondientes mientras se espera para ser convertido en producto final.

El problema es que ese porcentaje produce diferencias en el peso final del producto, pero al disminuirlo, genera mayor rendimiento en términos de entero.

Existe una hipótesis con respecto a la efectividad en la aplicación de humedad al 11%. Un estudio de campo, en conjunto con un análisis económico, será desarrollado en la propuesta 1.

5.1 PROPUESTA 1. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO PARA EL ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROCESAMIENTO DE ARROZ HASTA UN 11% DE HUMEDAD FRENTE AL 13% ACTUAL

Se propone una prueba de hipótesis llamada análisis ANOVA de un factor, pues siguiendo las evidencias del diagrama de Ishikawa presentado en el capítulo IV, al haber cambios en la humedad del arroz, el peso es el factor que varía a cómo se puede observar en la figura #21 (Diferencia de peso). Con ello se demuestra, gracias a esta herramienta estadística, los comportamientos del producto según el factor de influencia.

5.1.1 Diseño de experimentos: análisis de varianza de un factor (ANOVA)

Con el objetivo de determinar la variabilidad en cuanto a las observaciones tomadas para el desarrollo de modelo experimental, se ejecuta la herramienta en

curso, la cual, es parte de una familia de diseños para comparar tratamientos. Su tabla de varianza correspondiente, con la cual se trabajará, se presenta a continuación:

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	F_0	Valor-p
Tratamientos	$SC_{TRAT} = \sum_{i=1}^k \frac{Y_i^2}{n_i} - \frac{Y_{..}^2}{N}$	$k - 1$	$CM_{TRAT} = \frac{SC_{TRAT}}{k - 1}$	$\frac{CM_{TRAT}}{CM_E}$	$P(F > F_0)$
Error	$SC_E = SC_T - SC_{TRAT}$	$N - k$	$CM_E = \frac{SC_E}{N - k}$		
Total	$SC_T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{N}$	$N - 1$			

Figura 24 Tabla ANOVA

Fuente: Tabla ANOVA. Copyright 2008. Por McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES

Para validar una prueba de hipótesis, se necesita realizar la técnica estadística llamada análisis de varianza (ver figura 24. Tabla ANOVA) y sus resultados determinan la aceptación o el rechazo del experimento; el modelo indica que:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 \text{ (hipótesis nula)}$$

$$H_A: \mu_1 \neq \mu_2 \text{ (hipótesis alternativa)}$$

La hipótesis nula plantea que las diferencias entre las medias (μ) obtenidas no presentan una mayor diferencia en los cambios de humedad, sin embargo, la hipótesis alternativa sugiere lo contrario; esta indica que sí existe una diferencia

significativa entre las medias. El desarrollo del cuadro ANOVA arrojará la aceptación o no de la hipótesis nula (por ende, la aceptación de la alterna); con los resultados obtenidos, el ejecutante del proyecto tomará las decisiones pertinentes y optará, como en este caso, por la realización de un análisis económico para determinar la rentabilidad del procesamiento planteado frente al que se desarrolla.

5.1.1.1 Registro de los resultados en las muestras

Se anotan la cantidad de muestras ejecutadas en el laboratorio de Coparroz (ver apéndice # 4) seleccionadas por el ingeniero de planta, en el orden original que fueron estudiadas.

Tabla 8

Resultados de humedad en las muestras

ORDEN	TIPO HUMEDAD	OBSERVADO (peso pilado)
1	11.84%	632.0 gr
2	11.91%	630.8 gr
3	11.89%	634.6 gr
4	13.14%	642.9 gr
5	13.53%	644.5 gr
6	13.71%	641.2 gr

Muestras ejecutadas dentro del laboratorio de Coparroz, Parrita.

Las muestras se ejecutaron los días 5 y 6 de diciembre del año 2019, de 9am a 3 pm, los resultados entre las humedades semejantes, no muestran variaciones tan considerables.

5.1.1.2 Agrupación de datos

Los datos deben ser agrupados de la siguiente forma para continuar con el análisis ANOVA,

Tabla 9

Datos agrupados

<i>Tipo</i>	<i>Observaciones (peso pulido</i>			<i>promedio</i>	<i>suma</i>	<i>n</i>
<i>humedad</i>	<i>gramos)</i>					
11%	641,7	643,0	636,0	632.47	1897.4	3
13%	642.9	644.5	641.2	642.87	1928.6	3

Agrupación de los datos obtenidos en las muestras ejecutadas.

Los promedios de las muestras brindan una diferencia en peso pilado de 10,34 gr. En porcentaje significa que las muestras hasta el 11% de humedad tienen 1.60% menos de peso que las del 13%. Como se observa al final de la tabla, la cantidad de muestras en cada tipo son de 3, brindadas por el ingeniero de planta Jesús Olivares Ramírez para ser desarrolladas.

5.1.1.3 Prueba de hipótesis ANOVA de un factor

En el apéndice #5 se puede observar la hoja de cálculo Excel utilizada para realizar el procedimiento por pasos. Sin embargo, Excel brinda una pestaña de análisis de datos con el cual busca facilitar la ejecución de los resultados. En este caso, se mostrará esa tabla rápida cuyo nivel de significancia es de $\alpha=0.05$, la cual sirve para convalidar que los resultados hechos por pasos, o de esta forma, son correctos.

Tabla 10

Prueba de hipótesis en hoja de Excel

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
hasta el 11%	3	1897.4	632.4666667	3.7733333
hasta el 13%	3	1928.6	642.8666667	2.7233333

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	162.24	1	162.24	49.945613	0.00211496	7.708647422
Dentro de los grupos	12.99333333	4	3.248333333			
Total	175.2333333	5				

Los datos anteriores determinan los resultados en la prueba de hipótesis efectuada.

La F crítica (7.708647422, valor sacado de la tabla de valores críticos de F, mediante los grados de libertad del tratamiento y el error determinados en la tabla ANOVA), señala la división entre la región de rechazo o aceptación y la F calculada (49.945613, que es el estadístico de prueba), al ser mayor que la F crítica, determina la diferencia entre las medias de los grupos de humedad, por lo cual, la H_0 ($\mu_1=\mu_2$) se rechaza y da aceptación a la H_a ($\mu_1\neq\mu_2$), pues indica que al menos uno de los tratamientos es diferente. Así, sí existe variabilidad a considerar entre el peso promedio de los tipos de humedad seleccionado.

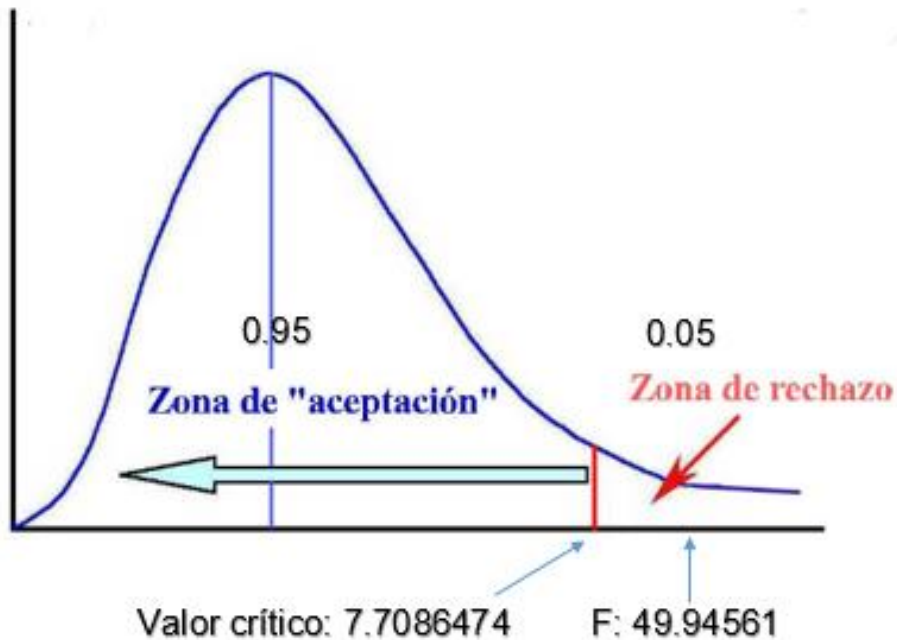


Figura 25 Regiones críticas y valor crítico

Fuente: Elaboración Propia, 2019

En la figura #25 (regiones críticas y valor crítico), se evidencia el rechazo de la hipótesis nula, la cual determina que las diferencias en los cambios de humedad no son importantes. Las pruebas piloto determinan la aceptación contundente de la hipótesis alternativa, que especifica la existencia de una diferencia en cuanto al peso final del producto. Al ser el estadístico de prueba mayor que el valor crítico, este se sale de la zona de aceptación de hipótesis nula y permite la aceptación, por default, de la alternativa.

5.1.2 Resultados del estudio

Con una significancia del 5%, se afirma que los procesamientos de arroz con los porcentajes de humedad a prueba, son diferentes con respecto al peso final del producto, por lo cual, la hipótesis nula es descartada. La parte económica será imprescindible para una mejor selección en la conveniencia del proyecto.

En cuanto a las muestras trabajadas, se tiene:

Tabla 11

Peso promedio muestras en pilado

PILADO (DIFERENCIA DE PESO)		
HUMEDAD	11%	13%
GRAMOS PROMEDIO (PESO)	632.46 gramos	642.87 gramos
DIFERENCIA (GRAMOS)	10.34 gramos	
% DE DIFERENCIA	1,60%	

Variación en los pesos finales según el porcentaje de humedad respectivo (el porcentaje se saca de la siguiente forma: valor nuevo/valor actual x 100 -100)

La diferencia en porcentaje con respecto a las muestras utilizadas en este proyecto es de 1,60% en cuanto al peso final del arroz, esa diferencia afecta negativamente al grano secado al 11%, el cual se debe compensar con más producto para completar la cantidad en kilos con que se trabaja en empaque.

Tabla 12

Rendimiento promedio en grano entero de las muestras

PILADO (DIFERENCIA RENDIMIENTO DE ENTERO)		
HUMEDAD	11%	13%
RENDIMIENTO ENTERO	51,36	49.53
DIFERENCIA EN RENDIMIENTO	1.83	
% DE DIFERENCIA	3.69%	

Rendimientos porcentuados en términos de entero. (el porcentaje se saca de la siguiente forma: valor nuevo/valor actual x 100 -100)

Los rendimientos de las muestras en molino señalan que existe una diferencia de hasta un 3.69% entre ambos tipos de humedad estudiados; la técnica de secado al 11%, es la que brinda mayor resultado en cuanto a obtención de granos enteros, los cuales tienen mayor valor en colones para la empresa, (recordando que el quintal de entero se paga 25mil colones más que el quintal de quebrado, ver tabla #6, página 81)

5.1.3 Análisis económico

5.1.3.1 Beneficios

Aumento en rendimiento de entero al 11% (ver apéndice #7):

a) Rentabilidad por colones de diferencia:

Tabla 13

Ingreso en colones rendimiento entero al 11%

	PROMEDIO MENSUAL DEL SACO DE ENTERO	DIFERENCIA EN COLONES	% AUMENTO DEL RENDIMIENTO DE ENTERO EN COLONES	INGRESO MENSUAL SOBRE EL COSTO NORMAL
AL 11%	¢23327.78	¢1236.07	5.59%	¢46.352.625
AL 13%	¢22091.71			

Valores finales con respecto a las diferencias en entero según humedad de proceso

Si se procesara las muestras hasta el 11% de humedad, por cada saco procesado mensualmente se proyecta una ganancia de entero de ¢1236.07, sobre el mismo lote, pero al 13% de humedad; realizando la conversión de quintales a sacos (porque los Excel de Cooparroz dan resultados en saco), sabiendo que la producción mensual en Cooparroz es de 60.000 quintales, se obtiene:

1 quintal: 46 kg 1 saco:73.6 kg

Sacos por quintal: $1 \text{ S} / 73,6\text{kg} = 2760000\text{kg} / 60000 \text{ Q} = \underline{0.625 \text{ S/Q}}$

Se sabe que Cooparroz procesa 60000 quintales por mes, en sacos serían:

$0.625 \text{ S /Q} = 60000\text{Q} = \underline{37500 \text{ S}}$

37500 sacos * ₡1236.07 = **₡ 46.352.625** de ingreso mensual, al cosechar con un aproximado de 11% de humedad; hay un 5.59% de rendimiento de más con respecto al costo del secado a 13%.

b) Rentabilidad por obtención extra de grano entero por saco

Tabla 14

Rentabilidad por kilo de entero extra al 11%

	Cantidad final	Diferencia en kilos por saco	% aumento en entero por saco
Promedio de kilos obtenidos en grano entero, al 11%	32.52 kilos por saco producido		
Promedio de kilos obtenidos en grano entero, al 13%	30.79 kilos por saco producido	1.73 kilos	5.62%

Cantidad de kilos obtenidos según las muestras procesadas dentro del laboratorio, tomando en cuenta el porcentaje de humedad aplicado.

En la tabla 14 queda evidenciado un aumento en rendimiento por saco procesado, con humedad al 11% de un 5.62% que, si se multiplica por los 37500 sacos que contienen los 60.000 mil quintales de cosecha procesados al mes, da como resultado 64875 kilos extra de entero obtenidos. El valor por cada kilo de grano entero es de ₡717.39 colones y da el ingreso de más de 46 millones de colones, adjuntados en la tabla #13.

c) Ahorro en inventario:

De acuerdo con datos suministrados por el Ing. Jesús Olivares Rodríguez, el costo mensual de mantener un saco en el silo es de ₡213. Para la cosecha producida mensualmente se obtiene que: 60.000 quintales= 37500 sacos

Al quedar el arroz más seco en cuanto a humedad, madura más rápido dentro del mismo y el ahorro promedio de almacenado en silo es de 1 mes, por consiguiente:

Tabla 15

Ahorro mensual en almacenamiento

Sacos producidos mensualmente	37.500 Uds.
Costo por almacenado de un saco	₡213 colones
TOTAL DE AHORRO	₡7.987.500

Ahorro mensual por cosecha, tomando en cuenta la reducción de tiempo en almacenamiento del grano con un 11% de humedad.

El ahorro mensual al reducir el tiempo en silo es de **₡7.987.500** colones, que incluye las inspecciones, la ventilación de materia prima, mano de obra, control de plagas, entre otros aspectos necesarios para el adecuado mantenimiento del producto.

5.1.3.2 Costos

El proyecto para ser ejecutado, requirió de los siguientes costos:

Tabla 16

Costos de inversión inicial

<i>Actividad realizada</i>	<i>Costos</i>
<i>Tiempo de desarrollo del proyecto</i>	<i>₡87.500</i>
<i>Apoyo del ayudante de laboratorio</i>	<i>₡19.200</i>
<i>Servicios básicos utilizados</i>	<i>₡2000</i>
<i>Costo de muestras (15kg)</i>	<i>₡4584</i>
<i>TOTAL EN COLONES</i>	<i>₡113.284</i>

Costos para iniciar el proyecto.

Todos los montos anteriores son determinados por el ingeniero de planta don Jesús Olivares Rodríguez. Los servicios básicos utilizados corresponden a la electricidad necesaria para poner a funcionar las herramientas de laboratorio durante los 4 días en que se trabajó con las muestras.

Los gastos del proyecto, mensuales, se contemplan a continuación:

Tabla 17

Gastos mensuales promedio

<i>Actividad realizada</i>	<i>Costos</i>
<i>Servicios básicos</i>	<i>₡9.999.375</i>
<i>Compensación de arroz</i>	<i>₡15.542.400</i>
<i>TOTAL EN COLONES</i>	<i>₡25.541.775</i>

Valor final en los gastos mensuales para mantener el proyecto presentado.

Los gastos anteriores impactan en el flujo de caja, pues deben ser considerados mensualmente para verificar rendimientos favorables en términos

monetarios. El costo por saco, al agregarle 2 horas más de secado, es de ₡266.65, que multiplicado por esos 37500 sacos de producción mensual, dan el resultado expuesto en la tabla 16 (dato suministrado por el Ing. Jesús Olivares Rodríguez), que incluye la electricidad y costos de mano de obra extra; este rubro sale registrado como *servicios básicos*, en la tabla anterior.

Para determinar la compensación de arroz se tiene:

60.000 quintales * 2%= 1200 quintales a compensar producto de ese 2% menos de humedad que afecta el peso final. El precio oficial en granza del quintal es de ₡12.952, que multiplicado por esos 1200 faltantes, da como resultado **₡15.542.400**, en grano para abastecer ese desabasto final en peso.

Con las muestras trabajadas en Cooparroz, el peso perdido es de apenas un 1.6%, reflejado en dinero son unos ₡12.433.920, es decir unos 3 millones menos que el monto fijado para la tesis pues acá se debe considerar ese 2% de peso perdido como el máximo, ya que el proyecto es para el sector arrocero y las pérdidas oscilarán hasta un 2% final, que es lo contemplado.

5.1.3.3 VAN/TIR del proyecto

Para medir la viabilidad del proyecto ejecutado, se implementa el análisis del Valor Actual Neto (VAN), que junto con el TIR determinan si el flujo de efectivo del estudio es positivo, por ende, económicamente viable. La TMAR o tasa mínima aceptable de retorno, necesaria para ejecutar los indicadores anteriores, se calcula a continuación:

Tabla 18

Acumulado de inflación en Costa Rica

Tasa anual de inflación en Costa Rica	
Año	Promedio anual de inflación
2014	5,13%
2015	-0,81%%
2016	0,6%
2017	1,7%
2018	2.03%
TOTAL	8,65%

Tasa anual de inflación en los últimos 5 años en Costa Rica.

Ello, con la inflación acumulada de los últimos 5 años, la cual es de 8.65%, más la determinación de un premio al riesgo del 10%, que es un porcentaje de remuneración esperado por la inversión hecha. Ese 10%, producto de considerarse como un proyecto con riesgo medio por su demanda es variable y por la competencia existente; se determina la TMAR del proyecto en 18.65%.

Con la $TIR < TMAR$, el proyecto es rechazado.

Con $TIR > TMAR$, el proyecto es aceptado.

Los resultados en la aplicación del VAN y el TIR muestran los siguientes resultados:

Tabla 19

VAN/TIR del proyecto

TMAR	18.65%		
INFLACIÓN ANUAL	8.65%	VAN	₡ 154,050,080.06
PERIODOS DADOS EN MESES	5	TIR	40014%

Resultados finales del VAN/TIR del proyecto.

De acuerdo con los datos, durante los meses de julio a noviembre, el VAN determinado es de ₡154,050,080.06 y da utilidad positiva en la implementación del proyecto estudiado. Al ser mínima la inversión inicial que determinó la viabilidad del estudio, la recuperación de efectivo inicia desde el mes 1; en cuanto al TIR, el resultado es de un 40014%, ese es el porcentaje de rentabilidad que ofrece la inversión inicial planteada. Al ser mayor que la TMAR, la cual es de 18.65%, se acepta la viabilidad del estudio presentado (ver anexo #6).

5.1.4 Aseguramiento, control y seguimiento del proyecto

Una vez desarrollado el estudio, los monitoreos por parte de los encargados de laboratorio son fundamentales, pues los rendimientos evidenciados en las muestras que trabajan son indispensables para asegurar el éxito.

Para darle seguimiento al proyecto, es necesario que, durante la próxima cosecha, las muestras sean trabajadas de forma idónea por parte del encargado de laboratorio para un mejor resultado en los rendimientos finales. Esas muestras deben seleccionarse cada vez que hay grano en secadora; los resultados deberán ser pasados de inmediato al ingeniero de planta, para el cálculo de rendimientos

esperados y su respectivo análisis económico mediante la tabulación en la hoja de cálculo Excel, con la que cuenta este, para este fin.

5.1.5 Conclusiones de la implementación y control

Los resultados en la prueba de hipótesis, ante el rechazo contundente de la hipótesis nula, evidencia que procesar el arroz a una humedad del 11%, presenta variación negativa de un 1.6% en el peso obtenido. El estudio es enfocado en el procesamiento de granos con esa humedad de hasta 11%; se aplica un análisis de VAN Y TIR y con ello, se comprobó que genera ganancias positivas al estudio (ver tabla #19).

Dentro de los cambios al proceso, las especificaciones por parte de producción serán las que determinen si la humedad al procesar las cosechas mensuales es la planteada en este documento, a como ellos convengan. Se desarrollan charlas (ver apéndice #3: minuta charlas) en donde se exponen los resultados finales y la importancia de mantener, bajo control, los indicadores de producción establecidos en el proceso de trabajo.

Los resultados del proyecto para procesar el grano con ese 11% de humedad, han sido entregados al ingeniero de planta don Jesús Olivares Rodríguez, previo al análisis conjunto de veracidad en los datos relacionados con los números finales (ver apéndice #7) para la obtención de conclusiones certeras.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

El trabajo realizado provenía de una hipótesis, la cual proponía una mejora en el rendimiento de arroz entero en molino a la hora de procesarlo con un aproximado de 11% de humedad frente al 13% con el que se trabaja actualmente. Esa idea provenía de errores en secado de arroz en granza, en donde quedaba evidenciado la efectividad con mayores resultados en el rendimiento de entero; no obstante, no se había determinado la influencia de costos por pérdida de peso que sufría el arroz. Para concluir, trabajar el arroz con la humedad en estudio de hasta 11% y con resultados beneficiosos para la empresa, se tiene:

- El análisis en las pruebas piloto y muestras trabajadas, esclarecen como el principal problema dado en el proyecto al peso final del grano, que, al ser pilado con el 11% de humedad propuesto pierde un 2% de peso máximo. En este caso para Cooparroz, la pérdida fue de 1,6%
- Para que el proceso trabaje con granos a una humedad de hasta un 11%, se aplica un diseño experimental mediante la prueba de hipótesis análisis ANOVA de un factor que arrojó el rechazo contundente de la hipótesis nula, la cual planteaba que no existía una mayor variación en cuanto el peso final del grano, independientemente del tipo de humedad al cual se procesara. Con las muestras trabajadas, cuya significancia es del 5%, el estadístico de prueba del estudio (F calculada) se salía por completo de la zona de aceptación (F crítica) determinada en los resultados. Esto quiere decir que sí existe una diferencia entre las medias de peso promedio obtenidas en las muestras con las que se trabajó (ver anexo #4), por lo cual, procesar arroz a 11% genera una disminución en peso final, que debe ser compensada.

- La inversión inicial para determinar la validez del proyecto fue de ₡113.284 colones que es un monto bajo, pues no hay que incurrir en gastos mayores por activos fijos, por consiguiente la pronta recuperación de esa inversión a partir del mes 1.
- Queda evidenciado al procesar granos con hasta un 11% de humedad, un aumento de rendimiento en porcentaje por concepto de ingresos por saco de arroz entero procesado de un 5.59%; por cosecha procesada mensualmente, la cual es de 60 mil quintales, se genera un ingreso extra de ₡46.352.625, a los cuales se les suman ₡7.987.500, por concepto de 1 mes de ahorro del producto almacenado, por la rápida maduración al estar más seco. En total, beneficios por ₡54,340,125
- En kilos se tiene un rendimiento de 5.62% extra, o unos 64875 kg recordando que, por saco procesado, aumenta un 1.73kg de entero procesando el lote hasta un 11% de humedad. El kilo de arroz entero es de ₡717.39, valor suministrado por el ingeniero Jesús Olivares Rodríguez
- Los costos finales por compensación de peso perdido (1200 quintales), la inversión inicial y los gastos extra mensuales al mantener los secadores al menos 2 horas más hasta que la humedad quede en 11%, para Cooperroz son de ₡25.541.775 colones.
- El VAN del proyecto fue de ₡154,050,080.06 y la TIR fue de 40014% sobre la inversión; se da la aceptación total del proyecto que plantea producir arroz con un 11% de humedad y la recuperación de inversión desde el mes 1 de la implementación.

- Como resultado final, en cuanto a ingresos extra por rendimiento de arroz al 11%, se determinó un monto de beneficios mensuales por ₡54,340,125, si se le restan los costos extra generados al implementar el proceso que son de ₡25,541,775, deja una utilidad neta mensual esperada de ₡28,798,350. Un ROI de ₡253.20 por cada colón invertido, tomando en cuenta para el cálculo del ROI: $\text{ingreso-inversión/inversión}$.
- Para Conarroz, el proyecto implica contar con un respaldo documentado y basado en pruebas sobre la veracidad de la hipótesis que lleva mucho tiempo en el medio arrocero, dónde ya puede elevar criterios con total confianza pues ya deja de ser algo subjetivo y de observación directa en el campo.

6.2 RECOMENDACIONES

Las siguientes pautas servirán para mejoras futuras del proyecto en estudio, el cual determina mayores beneficios económicos al procesar arroz con un 11% de humedad, ante el 13% con el que se trabaja actualmente:

- Mantener una relación de trabajo clara con los laboratoristas de Cooparroz por parte de ingeniería de planta, para verificar resultados fidedignos que no alteren resultados en las muestras por tomar a futuro.
- Utilizar adecuadamente las hojas de verificación por parte de quienes estén encargados dentro del área de secado.
- Revisión constante en los resultados obtenidos en las etapas de molino y empaque, para prevenir desviaciones en estos; para ello, es indispensable el uso de la hoja de cálculo en Excel con que cuenta el ingeniero de planta, pues en ella se determinan los cálculos monetarios esperados, producto de los resultados de las muestras que se tomarán.
- Conversar con los encargados de laboratorio, gerencia, secado y planta, sobre los resultados al procesar arroz a un 11%, para crear compromiso por parte de todos, siempre buscando el beneficio de la empresa.
- Tomar más muestras de arroz secado al 11% y seguir el procedimiento dictado en este documento, para mantener un control de resultados, al implementar este método de trabajo.

Bibliografía


- Aguilera Hintelholher, R. M. (2013). *Identidad y diferenciación entre método y metodología [PDF]*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4264/426439549004.pdf>
- ANINSA. (2015). *Cooparroz R.L.* Obtenido de <http://www.aninsa.com/informacion-de-asociados/asociados/cooparroz/>
- Arias Coello, A. (s.f.). *Unidad didáctica 3: la gestión de los procesos [PDF]*. Obtenido de <https://webs.ucm.es/centros/cont/descargas/documento10142.pdf>
- Arvelo Luján, Á. F. (2006). *Gráficas de control [PDF]*. Obtenido de <http://www.arvelo.com.ve/pdf/graficas-de-control-arvelo.pdf>
- Azizi, H. (2016). *Herramientas y técnicas para datos numéricos y no numéricos en la mejora del control de calidad (trabajo fin de grado en farmacia, Universidad de Sevilla)[PDF]*. Obtenido de <https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/50480/Azizi%2C%20Houda.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bartosik, R., Cardoso, L., & Piñeiro, E. D. (2009). *Comparación de determinación de humedad de semillas de especies forrajeras por método de estufa y através de instrumentos de medición electrónico por capacitancia. [PDF]*. Obtenido de <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-gacetillacomparadetermhumedad.pdf>
- Casado Galván, I. (2009). *Caracterización histórica del concepto de industria, en contribuciones a las ciencias sociales [PDF]*. Obtenido de <http://www.eumed.net/rev/cccss/06/icg27.pdf>
- Corporación Municipal de Quilpue. (2018). *Procedimiento, seguimiento y control de los procesos [PDF]*. Obtenido de http://www.cmq.cl/calidad/PR-12%20Seguimiento%20y%20Control%20de%20los%20Procesos%20Rev%200_.pdf

- Damelio, R. (2011). *The basic of process mapping: 2nd edition [PDF]*. Obtenido de https://books.google.co.cr/books?id=l6O_Z-dTap8C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false
- Díaz Llanes, M. (s.f.). *Análisis contable con un enfoque empresarial [PDF]*. Obtenido de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2012b/1229/que-es-rentabilidad.html>
- Domenech roldán, J. M. (s.f.). *Diagrama de correlación-dispersión [PDF]*. Obtenido de http://www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/Diagrama_Correlacion_Dispersion.pdf
- EAE Business School. (2018). Obtenido de <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/productividad-formula-que-todas-las-empresas-quieren-calcular/>
- Ferrari, H., Ferrari, M. C., & Cardoso, L. (2017). *Predicción y monitoreo de los parámetros de conservación del arroz en silos bolsa [PDF]*. Obtenido de <https://inta.gob.ar/documentos/prediccion-y-monitoreo-de-los-parametros-de-conservacion-de-arroz-en-silos-bolsa>
- Gabriel, J., Castro, C., Valverde, A., & Indacochea, B. (2017). *Diseños experimentales: teoría y práctica para experimentos agropecuarios*. Jipijapa, Ecuador: Grupo COMPÁS.
- Hernández, G. (2017). *El diagrama causa-efecto*. Obtenido de <https://aprendiendocalidadyadr.com/el-diagrama-causa-efecto/>
- Laguna, C. (2014). *Correlación y regresión lineal [PDF]*. Obtenido de <http://www.ics-aragon.com/cursos/salud-publica/2014/pdf/M2T04.pdf>
- Margheritis, M. L., & Santangelo, M. A. (2008). *Las técnicas de creatividad. Un enfoque sobre su utilidad [DOC]*. Obtenido de https://mportillo.files.wordpress.com/2008/08/tecnicas_creatividad.doc


- Mete, M. R. (2014). *Valor actual neto y tasa de retorno: su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión [PDF]*. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/v7n7/v7n7_a06.pdf
- Minitab.com. (2019). *¿Qué es una prueba de hipótesis?* Obtenido de Una prueba de hipótesis es una regla que especifica si se puede aceptar o rechazar una afirmación acerca de una población dependiendo de la evidencia proporcionada por una muestra de datos.
- Morales Sandoval, C. (2014). *La medición de la productividad del valor agregado: una aplicación empírica en una cooperativa agroalimentaria de Costa Rica [PDF]*. Obtenido de <file:///C:/Users/pc/Downloads/Dialnet-LaMedicionDeLaProductividadDelValorAgregado-4808514.pdf>
- Ochsenius Robinson, I. (2016). *Herramienta de control y mejora: aplicación de poka yoke al proceso de contratación pública [PDF]*. Obtenido de <http://asocex.es/wp-content/uploads/2016/12/Revista-Auditor%C3%ADa-P%C3%BAblica-n%C2%BA-68-pag-83-94.pdf>
- Ortega Aguaza, B. (2012). Análisis coste-beneficio. *eXtoikos ISSN-e 2173-2035*, 147-149.
- Rodríguez, N. (2011). Diseños experimentales en educación. *Artículos escogidos por áreas de interés: metodológicos* , 147-158.
- SPC Consulting Group. (2013). *Diseño de experimentos: DOE*. Obtenido de <https://spcgroup.com.mx/doe/>
- Varela Kilian, A. P. (2015). *Adopción de métodos, técnicas y herramientas para la innovación: framework en función de casos reales (tesis para obtener el título de doctos, Universitat politècnica de Catalunya)[PDF]*. Obtenido de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/385626/TAPVK1de1.pdf?sequence=1>
- Velayos Morales, V. (2017). *Economipedia: Valor actual neto (VAN)*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>

Wyngaard, G. (2012). *Módulo 3: Calidad [PDF]*. Obtenido de
<https://www.fing.edu.uy/sites/default/files/2011/3161/M%C3%B3dulo%203%20-%20Calidad.pdf>

Apéndice 1. Agricultores socios de Cooparroz




ASOCIADOS COOPARROZ



N°	AGRICULTOR	CEDULA
1	ADOLFO VALVERDE SANCHEZ	6-1-144
2	ALFREDO GOMEZ VALVERDE	6-1-427
3	ANDRES CALDERON MONTERO	1-1-366
4	CARLOS ARIAS-MORA	1-1-133
5	CARLOS CORRALES MORENO	6-1-317
6	DANIEL FERNANDEZ BARRANTES	1-1-333
7	EDGAR SEGURA MORA	6-1-372
8	ELIECER MURILLO FERNANDEZ	6-1-343
9	ELIECER VINDAS CASTILLO	1-1-348
10	ENRIQUE MENDEZ HIDALGO	1-1-301
11	FRANCISCO MORENO CORRALES	6-1-314
12	GERARDO CHAVES ARAYA	6-1-396
13	GERARDO MONTIEL ESPINOZA	6-1-306
14	GERARDO SOTO SALAZAR	6-1-378
15	GUILLERMO SALAS VALVERDE	1-1-346
16	HECTOR CORDERO SEGURA	1-1-339
17	HUGO BARRIENTOS UMAÑA	1-1-333
18	JOSE FABIO HERRERA ARIAS	1-7-348
19	JOSE LUIS MONTIEL ESPINOZA	6-1-311
20	JOSE SALAS VALVERDE	6-3-309
21	MANUEL HERRERA ARIAS	1-7-315
23	MARCOS BARQUERO VARGAS	4-1-337
24	MARIO BADILLA ROMAN	6-2-399
25	MARIO VALVERDE MORA	6-2-353
26	MARVIN MARCHENA SOJO	1-6-345
27	MIGUEL GUADAMUZ SALAZAR	1-9-391
28	NELSON AGUILAR SANCHEZ	1-9-354
29	OLMAN CORTEZ MATARRITA	5-1-303
30	OLMAN SEGURA MORA	9-0-328
31	RONALD MARCHENA SOJO	1-7-348
32	SAUL SEGURA MORA	6-2-355
33	VICTOR FALLAS RUIZ	6-1-336
34	WALTER CHAVES PEREZ	6-2-333
35	WILFREDO ANGULO DUARTE	6-1-336
36	WILLIAM MARIN SALAZAR	6-2-355
37	SIBAJA GONZALES LEONARDO	1-8-355
38	WILSON CORRALES MORENO	6-3-344

38



Apéndice 2. Máquinas a escala dentro del laboratorio

Descascarado

pulidor



Homogenizador

cámara almacenadora de evidencia



Mesa separadora



Motón para medir humedad del grano



Apéndice 3. Minutas

Minuta voz experta
24 de octubre del 2019

Hora de inicio de la sesión: 13:00

Hora de fin de sesión: 14:00

Zona de reunión: a convenir

TIPO DE REUNIÓN	LLUVIA DE IDEAS-OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN
FACILITADOR	Francisco Gutiérrez Mena
ASISTENTES	Jesús Olivares Rodríguez; Jonathan García Zumbado; Nelson Chávez Sánchez; Floricel Lara Barrantes.
TEMA	¿Procesamiento de arroz con una humedad de almacenamiento en silo del 11%?
RESUMEN	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de procesos • Áreas involucradas • Rendimiento del grano • Costo/beneficio del proyecto • Capacidad productiva y de almacenamiento
ACUERDOS	Presentar resumen de lo obtenido y tabulado ese día al ingeniero de planta

Minuta Ishikawa
29 de octubre del 2019

Hora de inicio de la sesión: 10:00

Hora de fin de sesión: 11:00

Zona de reunión: a convenir

TIPO DE REUNIÓN	LLUVIA DE IDEAS-ISHIKAWA
FACILITADOR	Francisco Gutiérrez Mena
ASISTENTES	Jesús Olivares Rodríguez; Jonathan García Zumbado; Nelson Chávez Sánchez
TEMA	Causa y efecto
RESUMEN	Diagrama de Ishikawa para la obtención de las principales causas relacionadas con el tema del proyecto planteado
ACUERDOS	Presentar resumen de lo obtenido y tabulado ese día al ingeniero de planta

Minuta charla
09 de diciembre del 2019

Hora de inicio de la sesión: 14:00


Hora de fin de sesión: 15:00

Zona de reunión: a convenir


TIPO DE REUNIÓN	RESULTADOS FINALES
FACILITADOR	Francisco Gutiérrez Mena
ASISTENTES	Jesús Olivares Rodríguez; Jonathan García Zumbado; Nelson Chávez Sánchez; Floricel Lara Barrantes
TEMA	Importancia de procesar a una humedad próxima al 11%
RESUMEN	<ul style="list-style-type: none"> • Resumen del proyecto • Resumen de visitas realizadas • Beneficios del proyecto • Compromisos del proyecto
ACUERDOS	Presentar resumen encuadernado para la siguiente visita


Apéndice 4. Muestras

Hasta el 11%:


 Boleta de Recibo de Arroz Cooperativa Agrícola e Industrial de Productores de Arroz del Pacífico Central, R.L. Céd. Jur.: 3-004-299407 Tel: 2778-5350 / 2778-3620		
Agricultor: <u>Muestra # 1</u>	Cédula N°:	
Chofer:	Placa N°:	
Fecha: <u>05</u> / <u>12</u> / <u>19</u> Hora: <input type="radio"/> a.m. <input type="radio"/> p.m. Silo N°:	Flete €:	
Guía Conarroz:	Análisis de Laboratorio	
Variedad:		Humedad Inicial (%): <u>11,84</u> Calidad: <u>3</u>
Zona:		Impureza Inicial (%): <u>0</u> Semillas: <u>0</u>
Peso Bruto (Kls):		Humedad Análisis (%): <u>11,84</u> Mancha: <u>0,04</u>
Peso Tara (Kls):		Rend. Entero: <u>51,64</u> Yeso: <u>0,04</u>
Peso Neto (Kls):		Rend. Quebrado G.: <u>9,35</u> Rojo: <u>0,0</u>
QQ H/S:		Rend. Puntilla: <u>2,21</u> Daño: <u>2,84</u>
Sacos S/L:	Rend. Semolina: <u>16,06</u> Temperatura:	
Observaciones: <u>I=792,6 P=632,0</u>		
> Las muestras fueron analizadas de acuerdo con los Métodos de Análisis de Calidad de Arroz (MACA), del Laboratorio de Control de Calidad.		
Hecho por:		


COOPARROZ COD 18 Impreso en **IMPRESORA LAFARGE** Control Int. 2286-1171

 Boleta de Recibo de Arroz Cooperativa Agrícola e Industrial de Productores de Arroz del Pacífico Central, R.L. Céd. Jur.: 3-004-299407 Tel: 2778-5350 / 2778-3620		
Agricultor: <u>Muestra # 2</u>	Cédula N°:	
Chofer:	Placa N°:	
Fecha: <u>05</u> / <u>12</u> / <u>19</u> Hora: <input type="radio"/> a.m. <input type="radio"/> p.m. Silo N°:	Flete €:	
Guía Conarroz:	Análisis de Laboratorio	
Variedad:		Humedad Inicial (%): <u>11,91</u> Calidad: <u>3</u>
Zona:		Impureza Inicial (%): <u>0</u> Semillas: <u>0</u>
Peso Bruto (Kls):		Humedad Análisis (%): <u>11,91</u> Mancha: <u>0,0</u>
Peso Tara (Kls):		Rend. Entero: <u>50,71</u> Yeso: <u>0,20</u>
Peso Neto (Kls):		Rend. Quebrado G.: <u>9,71</u> Rojo: <u>0,0</u>
QQ H/S:		Rend. Puntilla: <u>2,66</u> Daño: <u>2,92</u>
Sacos S/L:	Rend. Semolina: <u>16,52</u> Temperatura:	
Observaciones: <u>I=796,0 P=630,8</u>		
> Las muestras fueron analizadas de acuerdo con los Métodos de Análisis de Calidad de Arroz (MACA), del Laboratorio de Control de Calidad.		
Hecho por:		

 Boleta de Recibo de Arroz Cooperativa Agrícola e Industrial de Productores de Arroz del Pacífico Central, R.L. Céd. Jur.: 3-004-299407 Tel: 2778-5350 / 2778-3620		Nº 007401
Agricultor:	Muestra #3	Cédula Nº:
Chofer:		Placa Nº:
Fecha:	<input type="text" value="05"/> <input type="text" value="12"/> <input type="text" value="19"/>	Hora: <input type="radio"/> a.m. <input type="radio"/> p.m.
		Silo Nº:
		Flete ¢:
Guía Conarroz:	Análisis de Laboratorio	
Variedad:	Humedad Inicial (%): 11,89	Calidad: 4
Zona:	Impureza Inicial (%):	Semillas: 0
Peso Bruto (Kls):	Humedad Análisis (%): 11,89	Mancha: 0,0
Peso Tara (Kls):	Rend. Entero: 51,75	Yeso: 0,16
Peso Neto (Kls):	Rend. Quebrado G.: 9,20	Rojo: 0,0
QQ H/S:	Rend. Puntilla: 2,51	Daño: 3,08
Sacos S/L:	Rend. Semolina: 16,39	Temperatura:
Observaciones:	I=798,5 P=634,6	
> Las muestras fueron analizadas de acuerdo con los Métodos de Análisis de Calidad de Arroz (MACA) del Laboratorio de Control de Calidad.		Hecho por:

Al 13%:

 Boleta de Recibo de Arroz Cooperativa Agrícola e Industrial de Productores de Arroz del Pacífico Central, R.L. Céd. Jur.: 3-004-299407 Tel: 2778-5350 / 2778-3620		
Agricultor: Muestra # 1	Cédula N°:	
Chofer:	Placa N°:	
Fecha: 06 / 12 / 19 Hora: <input type="radio"/> a.m. <input type="radio"/> p.m. Silo N°:	Flete €:	
Guía Conarroz:	Análisis de Laboratorio	
Variedad:		Humedad Inicial (%): 13,14% Calidad: 4
Zona:		Impureza Inicial (%): Semillas: 0
Peso Bruto (Kls):		Humedad Análisis (%): 13,14% Mancha: 0.12
Peso Tara (Kls):		Rend. Entero: 49.17 Yeso: 0.8
Peso Neto (Kls):		Rend. Quebrado G.: 12.38 Rojo: 0
QQ H/S:		Rend. Puntilla: 2.74 Daño: 3.44
Sacos S/L:		Rend. Semolina: 15.63 Temperatura:
Observaciones: I = 799,2 P = 642,9		
<small>> Las muestras fueron analizadas de acuerdo con los Métodos de Análisis de Calidad de Arroz (MACA), del Laboratorio de Control de Calidad.</small>		
Hecho por:		
<small>COOPARROZ COD 18</small>		

 Boleta de Recibo de Arroz Cooperativa Agrícola e Industrial de Productores de Arroz del Pacífico Central, R.L. Céd. Jur.: 3-004-299407 Tel: 2778-5350 / 2778-3620		
Agricultor: Muestra # 2	Cédula N°:	
Chofer:	Placa N°:	
Fecha: 06 / 12 / 19 Hora: <input type="radio"/> a.m. <input type="radio"/> p.m. Silo N°:	Flete €:	
Guía Conarroz:	Análisis de Laboratorio	
Variedad:		Humedad Inicial (%): 13.53% Calidad: 3
Zona:		Impureza Inicial (%): Semillas: 0
Peso Bruto (Kls):		Humedad Análisis (%): 13.53% Mancha: 0.16
Peso Tara (Kls):		Rend. Entero: 50.39 Yeso: 0.2
Peso Neto (Kls):		Rend. Quebrado G.: 11.55 Rojo: 0
QQ H/S:		Rend. Puntilla: 2.51 Daño: 2.78
Sacos S/L:		Rend. Semolina: 15.13 Temperatura:
Observaciones: I : 795,8 P = 644.5		
<small>> Las muestras fueron analizadas de acuerdo con los Métodos de Análisis de Calidad de Arroz (MACA), del Laboratorio de Control de Calidad.</small>		
Hecho por:		

Boleta de Recibo de Arroz																									
Cooperativa Agrícola e Industrial de Productores de Arroz del Pacífico Central, R.L. Céd. Jur.: 3-004-299407 Tel: 2778-5350 / 2778-3620																									
Agricultor: <u>Muestra # 3</u>	Cédula N°:																								
Chofer:	Placa N°:																								
Fecha: <table border="1"> <tr> <td>DÍA</td> <td>MES</td> <td>AÑO</td> </tr> <tr> <td>06</td> <td>12</td> <td>19</td> </tr> </table> Hora: <input type="radio"/> a.m. <input type="radio"/> p.m. Silo N°:	DÍA	MES	AÑO	06	12	19	Flete €:																		
DÍA	MES	AÑO																							
06	12	19																							
<table border="1"> <tr><td>Guía Conarroz:</td></tr> <tr><td>Variedad:</td></tr> <tr><td>Zona:</td></tr> <tr><td>Peso Bruto (Kls):</td></tr> <tr><td>Peso Tara (Kls):</td></tr> <tr><td>Peso Neto (Kls):</td></tr> <tr><td>QQ H/S:</td></tr> <tr><td>Sacos S/L:</td></tr> </table>	Guía Conarroz:	Variedad:	Zona:	Peso Bruto (Kls):	Peso Tara (Kls):	Peso Neto (Kls):	QQ H/S:	Sacos S/L:	<table border="1"> <tr><th colspan="2">Análisis de Laboratorio</th></tr> <tr> <td>Humedad Inicial (%): <u>13,71 %</u></td> <td>Calidad: <u>3</u></td> </tr> <tr> <td>Impureza Inicial (%):</td> <td>Semillas: <u>0</u></td> </tr> <tr> <td>Humedad Análisis (%): <u>13,71 %</u></td> <td>Mancha: <u>0</u></td> </tr> <tr> <td>Rend. Entero: <u>49,04</u></td> <td>Yeso: <u>0,32</u></td> </tr> <tr> <td>Rend. Quebrado G.: <u>12,73</u></td> <td>Rojo: <u>0</u></td> </tr> <tr> <td>Rend. Puntilla: <u>2,35</u></td> <td>Daño: <u>2,52</u></td> </tr> <tr> <td>Rend. Semolina: <u>15,4</u></td> <td>Temperatura:</td> </tr> </table>	Análisis de Laboratorio		Humedad Inicial (%): <u>13,71 %</u>	Calidad: <u>3</u>	Impureza Inicial (%):	Semillas: <u>0</u>	Humedad Análisis (%): <u>13,71 %</u>	Mancha: <u>0</u>	Rend. Entero: <u>49,04</u>	Yeso: <u>0,32</u>	Rend. Quebrado G.: <u>12,73</u>	Rojo: <u>0</u>	Rend. Puntilla: <u>2,35</u>	Daño: <u>2,52</u>	Rend. Semolina: <u>15,4</u>	Temperatura:
Guía Conarroz:																									
Variedad:																									
Zona:																									
Peso Bruto (Kls):																									
Peso Tara (Kls):																									
Peso Neto (Kls):																									
QQ H/S:																									
Sacos S/L:																									
Análisis de Laboratorio																									
Humedad Inicial (%): <u>13,71 %</u>	Calidad: <u>3</u>																								
Impureza Inicial (%):	Semillas: <u>0</u>																								
Humedad Análisis (%): <u>13,71 %</u>	Mancha: <u>0</u>																								
Rend. Entero: <u>49,04</u>	Yeso: <u>0,32</u>																								
Rend. Quebrado G.: <u>12,73</u>	Rojo: <u>0</u>																								
Rend. Puntilla: <u>2,35</u>	Daño: <u>2,52</u>																								
Rend. Semolina: <u>15,4</u>	Temperatura:																								
Observaciones: <u>T = 796,2 P = 641,2</u>																									
* Las muestras fueron analizadas de acuerdo con los Métodos de Análisis de Calidad de Arroz (MACA) del Laboratorio de Control de Calidad.	Hecho por:																								

Apéndice 5. Hoja Excel de la prueba de hipótesis por pasos

orden	humedad	observaciones (peso)
1	11.84	632
2	11.91	630.8
3	11.89	634.6
4	13.14	642.9
5	13.53	644.5
6	13.71	641.2

TABLA ANOVA

fuente variab	suma cuadrados	grados libertad	cuadrado medio	Fcalculada	f crítica
tratamiento	162.24	1	162	49.95	7.71
error	12.99	4	3.25		
total	175.23	5			

Se rechaza H₀ pues f_{Calculada} > f_{Crítica}

tipo de humedad	observaciones (peso en gramos)			suma	promedio	n	tratamiento
hasta el 11%	632	630.8	634.6	1897.4	632.47	3	-5.20
hasta el 13%	642.9	644.5	641.2	1928.6	642.87	3	5.20

media global 637.67

total de mediciones 6

suma de datos 3826

ScTratam 162.24

ScError 12.99

ScTotal 175.23

suma cuadrados de todas las observaciones 2439887.9

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ (hipótesis nula)

$H_A: \mu_1 \neq \mu_2$ (hipótesis alternativa)

Apéndice 6. Cálculo del VAN/TIR

ARROCERA COOPARROZ, PARRITA 2019 (JULIO-NOVIEMBRE)						
FLUJO DE EFECTIVO	0	1	2	3	4	5
INGRESOS/VENTAS						
ventas de producto	0,00	€ 275,637,398.14	€ 288,862,326.52	€ 232,852,005.11	€ 283,082,393.86	€ 379,311,738.51
otros ingresos	0,00	€ 54,340,125.00	€ 54,340,125.00	€ 54,340,125.00	€ 54,340,125.00	€ 54,340,125.00
total	0,00	€ 329,977,523.14	€ 343,202,451.52	€ 287,192,130.11	€ 337,422,518.86	€ 433,651,863.51
GASTOS						
COSTOS - GASTOS						
costos de producción	0,00	€ 236,796,543.51	€ 243,029,771.54	€ 201,716,389.12	€ 241,855,355.34	€ 294,014,110.20
servicios básicos extra	0,00	€ 9,999,375.00	€ 9,999,375.00	€ 9,999,375.00	€ 9,999,375.00	€ 9,999,375.00
compensación de grano	0,00	€ 15,542,400.00	€ 15,542,400.00	€ 15,542,400.00	€ 15,542,400.00	€ 15,542,400.00
total	0,00	€ 262,338,318.51	€ 268,571,546.54	€ 227,258,164.12	€ 267,397,130.34	€ 319,555,885.20
UTILIDAD	0,00	€ 67,639,204.63	€ 74,630,904.98	€ 59,933,965.99	€ 70,025,388.52	€ 114,095,978.31
IMPUESTO 33%	0,00	€ 22,320,937.53	€ 24,628,198.64	€ 19,778,208.78	€ 23,108,378.21	€ 37,651,672.84
UTILIDAD NETA	0,00	€ 45,318,267.10	€ 50,002,706.34	€ 40,155,757.21	€ 46,917,010.31	€ 76,444,305.47
INVERSIÓN INICIAL						
tiempo desarrollo del proyecto	-€ 87,500.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
tiempo apoyo laboratorista	-€ 19,200.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
servicios básicos	-€ 2,000.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
costo de las muestras	-€ 4,584.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
total	-€ 113,284.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SALVAMENTOS	€ -	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	-€ 113,284.00	€ 45,318,267.10	€ 50,002,706.34	€ 40,155,757.21	€ 46,917,010.31	€ 76,444,305.47
TMAR	18.65%					
INFLACIÓN ANUAL	8.65%	VAN	€ 154,050,080.06			
PERIODOS DADOS EN MESES	5	TIR	40014%			

Apéndice 7. Hoja de cálculo para rendimientos del grano

AGRICULTOR	Sacar H/S	SACOS SAL	H I	ENTERO	QUEB	PUNT	SEMOL	FILADA	MOLINO	FACTOR	PRECIO	PREC TOT	PRECIO X CAMION	VALOR POR KILO	COLONES
		3.76		33000.00	8000.00	6000.00	6000.00							717.39	
MUESTRAS	0.63	0.63	11.34	51.64	9.35	2.21	16.06	63.2	101.12	1.0287648	21,422.02	21,422.02	13,567.28	32.71	23,462.52
MUESTRAS	0.63	0.62	13.14	49.17	12.38	2.74	15.63	64.29	102.864	1.0135947	21,410.51	21,410.51	13,360.03	30.68	22,010.85
	0.00	0.00						0	0						
MUESTRAS	0.63	0.63	11.91	50.71	9.71	2.66	16.52	63.08	100.928	1.027948	21,255.05	21,255.05	13,450.84	32.09	23,021.68
MUESTRAS	0.63	0.62	13.53	50.39	11.55	2.51	15.13	64.45	103.12	1.0090437	21,730.39	21,730.39	13,498.75	31.30	22,455.70
	0.00	0.00						0	0						
MUESTRAS	0.63	0.63	11.39	51.75	9.20	2.51	16.39	63.46	101.536	1.0281813	21,501.94	21,501.94	13,610.17	32.76	23,499.16
MUESTRAS	0.63	0.62	13.71	49.04	12.73	2.35	15.40	64.12	102.592	1.0069432	21,512.39	21,512.39	13,335.52	30.40	21,808.60

Apéndice 8. Priorización de causas para generar diagrama de Pareto

RANGOS		del 0 al 3
bueno	3	
regular	2	
malo	1	
indiferente	0	

CRITERIOS	es un factor que lleva al problema?	
	es un factor que lleva al problema?	
	es causa directa del problema?	
	si se elimina o corrige, soluciona el problema?	
	puede plantear una solución factible?	
	se puede medir si la solución funcionó?	
	solución es de bajo costo?	

CATEGORIA	CAUSA	PROBLEMA: pérdida de peso						TOTALES RESULTADO
		CRITERIOS						
		FACTOR?	CAUSA DIRECTA?	SOLUCIÓN?	FACTIBLE?	MEDIBLE?	BAJO COSTO?	
MANO DE OBRA	control tiempo de secado	3	3	3	3	3	3	18
	experiencia	1	1	0	0	1	0	3
	cargas de trabajo	0	0	0	0	0	0	0
MATERIA PRIMA	tipo de arroz	2	1	1	0	0	1	5
	% humedad (en corta)	1	1	0	0	0	0	2
MÉTODO	tiempo de almacenado	2	1	1	0	0	1	5
	especificaciones de producción	3	2	2	2	3	3	15
	humedad de almacenamiento	3	1	2	2	2	1	11
MEDIO AMBIENTE	época de cosecha	1	0	0	1	1	0	3
	clima	2	1	1	0	0	0	4
	ubicación geográfica	0	0	0	0	0	0	0
MAQUINARIA	capacidad	0	0	0	0	0	0	0
	humedad controlable	2	1	1	1	1	1	7
	vida útil de equipo	0	0	0	0	0	0	0