

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



PROYECTO DE GRADO

**EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN A PARTIR DE YUCA AMARILLA
(MANIHOT ESCULENTA CRANTZ) A ESCALA LABORATORIO**

Por:

MAURICIO ALBERT CORTEZ ZELAYA

**Modalidad de graduación “INVESTIGACIÓN APLICADA” presentado a
consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”,
como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química.**

ABRIL de 2025

TARIJA-BOLIVIA

VºBº

MSc. Ing. Marcelo Segovia Cortez
DECANO FAC. CIENCIA Y TECNOLOGÍA

MSc. Ing. Fernando Erick Cortez Michel
VICEDECANO FAC. CIENCIA Y TECNOLOGÍA

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

MSc. Ing. Marlene Beatriz Simons Sanchez

Ing. Silvia Eugenia Tejerina Duran

Ing. Silvia Marlene Porco Vera

ADVERTENCIA

El tribunal calificador del presente trabajo,
no se solidariza con la forma, términos,
modos y expresiones vertidas en el mismo,
siendo éstas responsabilidad del autor.

DEDICATORIA

A Dios quien me ha dado la guía y fortaleza permitiéndome llegar hasta este punto.

A mi señora madre Lic. Rosario Zelaya Peredo quien ha confiado en mí y en mis capacidades desde que era un pequeño niño.

A mis seres queridos que descansan en paz, y que sé que están muy orgullosos por todas las metas y dificultades que he superado.

AGRADECIMIENTOS

A mi Dios por darme la voluntad, la fuerza, los dones y la experiencia vivida para seguir adelante en todo este proceso de realización profesional.

A mis Padres Rosario Zelaya y Alberto Cortez por todo el apoyo brindado.

A todos mis familiares, por su apoyo y compañía a lo largo de mis años de estudio.

A mis docentes de la Carrera de Ingeniería Química, por la paciencia y el conocimiento brindado

A mis tribunales por ser un apoyo y guía en mi proyecto de grado.

A mis amigos y compañeros de la Carrera de Ingeniería Química, por los momentos vividos y el apoyo recibido.

PENSAMIENTO

La vida es bella...

Y además puede ser mejor...

ÍNDICE

	Página
Advertencia.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Pensamiento.....	iv

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES.....	1
OBJETIVOS	8
Objetivo general	8
Objetivos específicos.....	8
JUSTIFICACIÓN.....	8
Justificación tecnológica.....	8
Justificación económica.....	9
Justificación ambiental	9
Justificación social	9
Justificación personal	9

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.2. DESCRIPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA.	10
1.2.1. Yuca.	10
1.2.2. Taxonomía.....	11
1.2.3. Caracterización de la yuca amarilla.	12
1.3. ALMIDÓN DE YUCA.	13

1.3.1. Estructura del almidón.	14
1.3.1.1. Amilopectina.	14
1.3.1.2. Amilosa.	15
1.3.1.3. Componentes adicionales en el almidón de yuca.	15
1.3.2. Características del almidón de yuca.	17
1.3.2.1. Tamaño de partícula.	17
1.3.2.2. Contenido de humedad.	17
1.3.2.3. Solubilidad y capacidad de hinchamiento.	18
1.3.2.4. Gelatinización.	19
1.3.2.5. Retrogradación.	21
1.4. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN.	21
1.4.1. Extracción de almidón por vía seca.	21
1.4.1.1. Proceso N° 1 para la extracción de almidón por vía Seca.	22
1.4.1.1.1. Lavado y descascarillado.	22
1.4.1.1.2. Rallado.	22
1.4.1.1.3. Deshidratado.	23
1.4.1.1.4. Molido.	23
1.4.1.1.5. Tamizado.	23
1.4.1.2. Proceso N° 2 Etapas adicionales extracción de almidón por vía seca.	23
1.4.1.2.1. Pre-deshidratado.	24
1.4.1.2.2. Pre-molido.	24
1.4.2. Extracción de almidón por vía húmeda.	26
1.4.2.1 Proceso N° 1 para la extracción de almidón por vía húmeda.	27
1.4.2.1.1. Materia prima.	27
1.4.2.1.2. Pelado y Lavado.	28

1.4.2.1.3. Rallado.....	28
1.4.2.1.4. Filtrado.	28
1.4.2.1.5. Lavado de fibra.	28
1.4.2.1.6. Centrifugado.	28
1.4.2.1.7. Secado.	29
1.4.2.2. Proceso N° 2 para la extracción de almidón por vía húmeda.	29
1.4.2.2.1. Recepción de la materia prima.....	30
1.4.2.2.2. Pelado y lavado.....	30
1.4.2.2.3. Troceado.....	30
1.4.2.2.4. Triturado.....	30
1.4.2.2.5. Tamizado.....	30
1.4.2.2.6. Sedimentación.....	30
1.4.2.2.7. Lavado de Almidón.....	31
1.4.2.2.8. Secado.....	31
1.4.2.2.9. Molienda.....	31
1.5. APLICACIONES DEL ALMIDÓN DE YUCA.....	31
1.5.1. Industria alimentaria.....	31
1.5.2. Industria papelera y textil.....	32
1.5.3. Fabricación de adhesivos.....	32
1.5.4. Industria farmacéutica y cosmética.....	32
1.5.5. Producción de bioplásticos.....	32
1.5.6. Industria de biocombustibles.....	32
1.6. ESTUDIOS PREVIOS SOBRE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE YUCA. ..	33
1.6.1. Estudios previos de residuos del proceso de extracción de almidón de yuca. ..	37
1.7. ASPECTOS AMBIENTALES Y ECONÓMICOS.....	39

1.7.1. Aspectos económicos del almidón de yuca.....	39
1.7.1.1. Sostenibilidad económica.....	39
1.7.1.2. Reducción de costos de producción.....	39
1.7.1.3. Valor agregado.....	39
1.7.1.4. Diversificación de ingresos.....	40
1.7.1.5. Mercado potencial.....	40
1.7.1.6. Gestión de residuos.....	40
1.7.2. Aspectos ambientales del almidón de yuca.....	40
1.7.2.1. Sostenibilidad ambiental.....	40
1.7.2.2. Gestión de residuos.....	40
1.7.2.3. Reducción de emisiones.....	40
1.7.2.4. Valor agregado a los residuos.....	41
1.7.2.5. Contribución a la economía circular.....	41

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO Y PARTE EXPERIMENTAL

2.1. INTRODUCCIÓN MARCO METODOLÓGICO Y PARTE EXPERIMENTAL	42
2.1.1. Método de la Investigación.....	42
2.1.1.1. Método Experimental (Cuantitativo).....	42
2.1.1.2. Método Documental.....	43
2.1.1.3. Justificación de la Metodología.....	43
2.2. MUESTREO	44
2.2.1. Ventajas y desventajas de los tipos de yuca.....	44
2.2.2. Procedencia de las Muestras.....	46
2.2.3. Estrategia de Muestreo Aleatorio Simple.....	46
2.2.3.1. Criterios de selección de la muestra.....	46

2.2.3.2. Tamaño de la muestra.	47
2.2.3.4. Justificación del muestreo.	47
2.3. SELECCIÓN DEL PROCESO DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN.....	47
2.3.1. Selección del proceso o método de extracción.	48
2.3.1.1. Evaluación de métodos y Procesos.	49
2.3.1.2. Justificación técnica de la elección del proceso.	51
2.3.2. Equipos.....	52
2.4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EXPERIMENTAL DESARROLLADO.....	56
2.4.1. Recepción de la Materia Prima.....	56
2.4.2. Lavado y segundo pesado.	57
2.4.4. Pelado.....	58
2.4.5. Tercer pesado.....	58
2.4.6. Troceado.....	59
2.4.7. Ajuste de pH.....	60
2.4.8. Triturado.....	62
2.4.9. Filtrado.	63
2.4.10. Lavado de fibras.....	64
2.4.11. Centrifugado.	65
2.4.12. Lavado de almidón y segundo centrifugado.....	67
2.4.13. Secado.	69
2.4.14. Molienda.....	70
2.4.15. Tamizado.	71
2.4.16. Envasado.	71
2.5. VARIABLES DE EXTRACCIÓN POR VÍA HÚMEDA.....	72
2.5.1. Desarrollo de las pruebas preliminares para la elección de las variables.	75

2.5.1.1. Triturado.....	75
2.5.1.1.1. Tiempo de triturado.....	75
2.5.1.1.2. Velocidad de triturado.....	77
2.5.1.2. Sedimentación o centrifugado.	78
2.5.1.2.1. Tiempo de centrifugado.....	78
2.5.1.2.2. Velocidad de centrifugado.....	79
2.5.1.3. Temperatura inicial del agua en la fase de trituración.	81
2.5.1.4. Volumen del agua en el triturado y lavado de almidón.	82
2.5.1.5. pH del agua en el triturado y lavado de almidón.	84
2.5.1.6. Molienda del almidón.	85
2.5.1.6.1. Velocidad de molienda del almidón.....	86
2.5.1.6.2. Tiempo de molienda del almidón.	87
2.6. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	89
2.6.1. Diseño experimental utilizado.	89
2.6.2. Matriz de experimentos para el diseño factorial completo 2^3	90
2.7. RECOLECCIÓN DE DATOS.	90
2.7.1. Recopilación de datos lavado y pelado.	91
2.7.2. Recopilación de datos ajuste de pH.	91
2.7.3. Recopilación de datos secado.....	93
2.7.4. Recopilación de datos rendimiento.....	94
2.7.5. Recopilación de datos molienda.	94
2.7.6. Recopilación de datos tamizado.	95
2.7.7. Recopilación de datos envasado.	96

CAPÍTULO III

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	98
3.2. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA. ..	98
3.3. RESULTADOS DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN.....	99
3.3.1. Análisis del rendimiento.	99
3.4. RESULTADO DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS.....	100
3.5. BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA.....	106
3.5.1. Balance de materia por etapas.	106
3.5.1.1. Recepción y lavado.	109
3.5.1.2. Pelado.....	110
3.5.1.3. Troceado.....	111
3.5.1.4. Ajuste de pH.	113
3.5.1.5. Triturado.....	116
3.5.1.6. Filtrado.	116
3.5.1.7. Lavado de fibras.....	118
3.5.1.8. Centrifugado.	119
3.5.1.9. Lavado de Almidón.....	119
3.5.1.10. Secado.	122
3.5.1.11. Molienda.....	125
3.5.1.12. Tamizado.	126
3.5.1.13. Envasado.....	127
3.5.2. Balance de energía.	130
3.5.2.1. Balance de energía en el secador.	130
3.5.2.2. Consumo de energía.....	131
3.5.3. Determinación del rendimiento.	132

3.6. CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN EXTRAÍDO.....	133
3.6.1. Análisis comparativo con estándares comerciales.....	135
3.6.2. Análisis de humedad final.	136
3.6.3. Conservación del producto.....	142
3.7. ANÁLISIS DEL COSTO DE PRODUCCIÓN.....	143
3.8. EVALUACIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS GENERADOS	143
3.8.1. Cáscara de la yuca.....	143
3.8.2. Residuos sólidos (fibras).	144
3.8.3. Agua residual.....	144
3.9. DISCUSIÓN PRELIMINAR.	144
3.10. RESUMEN DE LOS RESULTADOS.....	145
3.10.1. Caracterización de la materia prima.	145
3.10.2. Rendimiento del proceso de extracción.	145
3.10.3. Características del producto final.	146

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES.....	147
4.2. RECOMENDACIONES.....	149
Bibliografía	150
Anexos.....	158

ÍNDICE DE TABLAS

Página

Tabla IND-1 Principales 10 productores a nivel mundial de Almidón de yuca.	2
Tabla IND-2 Principales productores de Almidón de yuca del Continente Americano	2
Tabla IND-3 Principales 10 productores a nivel mundial de Mandioca (yuca).....	5
Tabla IND-4 Principales 10 productores a nivel continental de Yuca	6
Tabla I-1 Taxonomía de la Yuca.....	11
Tabla I-2 Composición promedio de la yuca amarilla cruda	12
Tabla. I-3 Composición de distintos tipos de yuca	13
Tabla. I-4 Composición de distintos almidones de yuca	16
Tabla I-5 Temperatura y entalpía ΔH de gelatinización del almidón de yuca	20
Tabla. I-6 Propiedades Fisicoquímicas del mejor ensayo del producto por vía seca Proceso N° 2.....	25
Tabla. I-7 Resumen del rendimiento en metodología húmeda de almidón de yuca (Manihot utilissima)	35
Tabla I-8 Tabla Poder de hinchamiento, solubilidad, viscosidad de la pasta y fuerza de gel del almidón de yuca con diferentes temperaturas de secado	36
Tabla I-9 Tabla Poder de hinchamiento, solubilidad, viscosidad de la pasta y fuerza de gel del almidón de yuca con diferentes tamaños de molienda	36
Tabla II-1 Ventajas y Desventajas de los tipos de yuca	44
Tabla II-2 Ventajas y desventajas de los procesos de extracción por vía húmeda y por vía seca	48
Tabla II-3 Evaluación de métodos y procesos	50
Tabla II-4 Especificaciones de los equipos utilizados en el desarrollo experimental .	52
Tabla II-5 Resumen de la Elección de Variables	74
Tabla II-6 Matriz de variación del rendimiento en función del tiempo de triturado...	75

Tabla II-7 Matriz variación del rendimiento en función de la velocidad de Triturado	77
Tabla II-8 Matriz de variación del rendimiento en función del tiempo de Centrifugado	78
Tabla II-9 Regresión logarítmica análisis de variable finita.....	79
Tabla II-10 Matriz de variación del rendimiento en función de la velocidad de centrifugado	80
Tabla II-11 Matriz de variación del rendimiento en función de la temperatura inicial del agua	81
Tabla II-12 Matriz de variación del rendimiento en función al volumen del agua en el triturado y lavado de almidón	83
Tabla II-14 Matriz de variación del rendimiento en función del pH del agua en el triturado y lavado de almidón	84
Tabla II-15 Variación de la retención por tamices en función de la velocidad de Molienda	86
Tabla II-16 Variación de la retención por tamices en función del Tiempo de Molienda	87
Tabla II-17 Diseño factorial para el proceso experimental.....	90
Tabla II-18 Recopilación de datos de la etapa Lavado y Pelado	91
Tabla II-19 Recopilación de datos de la etapa Ajuste de pH.....	92
Tabla II-20 Recopilación de datos de la etapa de Secado	93
Tabla II-21 Recopilación de datos del Rendimiento	94
Tabla II-22 Recopilación de datos de la etapa de Molienda	95
Tabla II-23 Recopilación de datos de la etapa de Tamizado	96
Tabla II-24 Recopilación de datos de la etapa de Envasado.....	97
Tabla III-1 Resultados Análisis Proximales de la Materia Prima	98
Tabla III-2 Análisis de Varianza del proceso.....	100
Tabla III-3 Análisis de Varianza del proceso o Prueba de Efectos Inter-Sujetos	101
Tabla III-4 Análisis de varianza de regresión lineal.....	102

Tabla III-5 Coeficientes del modelo	103
Tabla III-6 Coeficientes del modelo	103
Tabla III-7 Errores entre valores observados y ajustado del modelo	105
Tabla III-8 Nomenclatura utilizada en el balance de materia	107
Tabla III-9 Cálculo del porcentaje de masa de yuca pelada	110
Tabla III-10 Cálculo del porcentaje de masa de vapor de agua	112
Tabla III-11 Cálculo del factor de corrección de masa de Ácido Ascórbico.....	115
Tabla III-12 Media de la masa de sólidos y fibras para la serie 3-a y 3-b.....	117
Tabla III-13 Media de la masa de sólidos y fibras limpia para la serie 3-a y 3-b.....	118
Tabla III-14 Media de la masa de agua residual 3 y de la masa de agua 3 de los experimentos 3-a y 3-b	120
Tabla III-15 Media de la masa de almidón húmedo.....	122
Tabla III-16 Media de la masa de almidón Seco.....	124
Tabla III-17 Media de la masa de almidón Molido.....	125
Tabla III-18 Media de la masa de almidón Tamizado.....	126
Tabla III-19 Media de la masa de almidón Envasado	127
Tabla III-20 Condiciones de operación de los equipos y costos de uso.....	132
Tabla III-21 Análisis proximales del almidón de yuca extraído CEANID	133
Tabla III-22 Análisis de pureza del almidón de yuca extraído SGLAB.....	134
Tabla III-23 Comparación con estándares comerciales.....	135
Tabla III-24 Media del factor de corrección.	138
Tabla III-25 Datos para la Curva de secado.....	138
Tabla III-25 Análisis de Costo de Producción	143
Tabla AVI-1 Costos de los Utensilios	183
Tabla AVI-2 Costos Materiales de Laboratorio	183

Tabla AVI-3 Costos Materias Primas e Insumos	184
Tabla AVI-4 Costos Equipos	184
Tabla AVI-5 Costos Análisis de Laboratorio	184
Tabla AVI-6 Costos de Servicios	185
Tabla AVI-7 Costos Totales de la Investigación	185

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Fig. IND-1 Países de origen de importación de Almidón de Yuca (Mandioca) a Bolivia periodo 2021-2023	4
Fig. IND-2 Departamentos de destino de importación de Almidón de Yuca (Mandioca) a Bolivia periodo 2021-2023.....	4
Fig. IND-3 Importaciones precio mensual (Sus/Tn) de Almidón de Yuca (Mandioca) a Bolivia (2021 - 2023)	4
Fig. IND-4 Municipios Productores de Yuca en Bolivia	7
Fig. I-1 Planta de la Yuca	10
Fig. I-2 Almidón.....	13
Fig. I-3 Estructura Química de la Amilopectina	14
Fig. I-4 Estructura Química de la Amilosa	15
Fig. I-5 Diagrama de extracción del almidón por vía seca Proceso N° 1	22
Fig. I-6 Diagrama de extracción del almidón por vía seca Proceso N° 2	24
Fig. I-7 Retención de almidón por número de tamiz, vía seca Proceso N° 2.....	26
Fig. I-8 Diagrama de extracción del almidón por vía húmeda Proceso N° 1.....	27
Fig. I-9 Diagrama de extracción del almidón por vía húmeda Proceso N° 2.....	29
Fig. I-10 Pienso de Cáscara de Yuca.....	38
Fig. II-1 Diagrama del proceso de extracción de almidón de Yuca por vía húmeda ..	56
Fig. II-2 Recepción de la materia Prima	57
Fig. II-3 Etapa de Lavado y Pesado de la materia Prima	57
Fig. II-4 Etapa de Pelado de la materia Prima	58
Fig. II-5 Etapa 2do pesado y cálculo de Volumen de agua a utilizar	59
Fig. II-6 Etapa de Troceado	59
Fig. II-7 Etapa de ajuste de pH en los volúmenes de agua	61
Fig. II-8 Etapa de Triturado	62

Fig. II-9 Papel filtro de celulosa de poro grande antes y después de filtrar	63
Fig. II-10 Etapa de Filtrado.....	63
Fig. II-11 Frascos del Filtrado.....	64
Fig. II-12 Etapa Lavado de Fibras.....	64
Fig. II-13 Frascos del lavado de fibras	65
Fig. II-14 Etapa de Centrifugado.....	66
Fig. II-15 Frascos posterior a la centrifugación	66
Fig. II-16 Etapa Lavado de Almidón.....	67
Fig. II-17 Procedimiento gráfico del lavado de almidón	68
Fig. II-18 Etapa de Secado.....	69
Fig. II-19 Molienda del almidón seco	70
Fig. II-20 Etapa de Tamizado	71
Fig. II-21 Etapa de Envasado	72
Fig. II-22 Variación del rendimiento en función del tiempo de Triturado	76
Fig. II-23 Variación del rendimiento en función de la Velocidad de Triturado	77
Fig. II-24 Variación del rendimiento en función del tiempo de Centrifugado	78
Fig. II-25 Variación del rendimiento en función la velocidad de centrifugado	80
Fig. II-26 Variación del rendimiento en función de la temperatura inicial del agua ..	82
Fig. II-27 Variación del rendimiento en función al volumen del agua en el triturado y lavado de almidón	83
Fig. II-28 Variación del rendimiento en función del pH del agua.	85
Fig. II-29 Porcentaje de retención por tamiz a diferentes velocidades de molienda...	87
Fig. II-30 Porcentaje de retención por tamiz a diferentes tiempos de molienda.....	88
Fig. III-1 Rendimiento observado vs rendimiento esperado.....	104
Fig. III-2 Valores observados vs valores ajustados al modelo.....	105

Fig. III-3 Error entre el rendimiento observado y el rendimiento generado.....	106
Fig. III-4 Diagrama de flujo del balance general del proceso de extracción de almidón de yuca.	107
Fig. III-5 Balance general del proceso de extracción de almidón de yuca.	129
Fig. III-6 Curva de secado	141

ÍNDICE DE ECUACIONES

	Página
Ecuación I-1 Ecuación de formación de Glucosa	11
Ecuación I-2 Ecuación de formación de Almidón	11
Ecuación I-3 Ecuación de Rendimiento Real del 2do Proceso vía seca.....	26
Ecuación II-1 Reacción reversible de Ácido Ascórbico	60
Ecuación II-2 Ecuación de constante de acidez	60
Ecuación II-3 Ecuación de moles del Ácido	61
Ecuación II-4 Ecuación de masa del Ácido al 100%	61
Ecuación II-5 Ecuación de masa real del Ácido al 99%.....	61
Ecuación II-6 Variable de respuesta.....	89
Ecuación III-1 Ecuación Rendimiento de la extracción	100
Ecuación III-2 Ecuación del Diseño	103
Ecuación II-1 Reacción reversible de Ácido Ascórbico	114
Ecuación II-2 Ecuación de constante de acidez	114
Ecuación II-3 Ecuación de moles del Ácido	114
Ecuación II-4 Ecuación de masa del Ácido al 100%	114
Ecuación II-5 Ecuación de masa real del Ácido al 99%.....	114
Ecuación III-1 Volumen del aire en el secador	130
Ecuación III-2 Ecuación del Calor Requerido	131
Ecuación III-3 Ecuación Potencia	131
Ecuación III-4 Ecuación de Energía	132
Ecuación III-5 Rendimiento del proceso	133
Ecuación III-6 Ecuación Humedad en Base Húmeda	137
Ecuación III-7 Ecuación Masa de agua	137

Ecuación III-8 Ecuación Masa de sólidos.....	137
Ecuación III-9 Ecuación Humedad en Base Seca	137

GLOSARIO DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

FAO	Food and Agriculture Organization
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
DSC	Differential Scanning Calorimetry
TGA	Thermo Gravimetric Analysis
Tn	Toneladas
PRIICA	Programa Regional de Investigación e Innovación por Cadena de Valor Agrícola
pC	centiPoise
mg	miligramos
R _{real}	Rendimiento Real
B.C.	Base de Cálculo
Frac _{CM.P.}	Fracción de almidón de la Materia Prima
Frac _{CR.G.}	Fracción del Rendimiento de la Gráfica
μm	Micrómetro
Rep	Repetición
g	gramos
mL	mililitros
min	minutos
h	hora/horas
°C	grados centígrados
Tp	Temperatura de gelatinización
CN ⁻	Cianuro
HCN	Ácido Cianhídrico
LOU	Laboratorio de Operaciones Unitarios
cm	centímetros
V	Volumen

l	Litros
PM	Masa Molecular
H_3O^+	Ion Hidronio
Ka	Constante de Acidez
C_0	Concentración Inicial
Ceq	Concentración en el equilibrio
C	Concentración
n	número de moles
m	masa
rpm	Revoluciones Por Minuto
CODEX STAN	Codex General Standard for Food Additives
Pa	Pascal
s	segundo
mm	milímetros
T_a	Temperatura inicial del agua
Vol_a	Volumen de agua
V_{Tri}	Velocidad de triturado
V_{cen}	Velocidad de centrifugado
t_{cen}	Tiempo de centrifugado
t_{lic}	Tiempo de centrifugado
V_{mol}	Velocidad de molienda
t_{mol}	Tiempo de molienda