



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACAN
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA
Oficina de Titulación Profesional



R-029/18

Ciudad de México, a 04 de Junio de 2018

Trabajo Escrito para la Opción de Titulación

- 1.- Proyecto de Investigación 2.- Tesis 3.- Cómputar
 4.- Memoria de Experiencia Profesional 5.- Práctica Profesional

Como prueba escrita de su Examen Profesional para obtener el Título de Ingeniero:

- 1.- En Comunicaciones y Electrónica 2.- Mecánica 3.- En Computación 4.- En Sistemas Automáticos

Deberá (r) desampliar E(I), LA (I), LOS (I, C.)

Pérez Robles Ricardo David

Título del Trabajo:

Reingeniería de procesos en microempresa rural, implementando energía limpia.

Justificación del Trabajo:

Este trabajo se deriva del proyecto SIP 20181510 "Innovación y desarrollo sostenible en microempresa rural". Se implementa la Reingeniería de Procesos teniendo presente las necesidades de microempresas rurales que realizan actividades agrícolas, agropecuarias o comerciales. En el caso específico beneficia el cultivo de plantas, la crianza de peces y un negocio de comida típica.

La mejora tecnológica se logra con el diseño de una turbina Michell-Banki que puede "avanzar" las necesidades energéticas de la microempresa. Se presenta como una propuesta de generación energética limpia, aprovechando el recurso hídrico de los arroyos en la zona. La turbina Michell-Banki se le será empleada para la micro-generación hidráulica, trabaja en grandes rangos de caudal y bajo sin variar significativamente su eficiencia y el costo de inversión es accesible en diseño y construcción. Esta investigación tiene un impacto tecnológico y ecológico.

Captador:

- CAPÍTULO I: ESTUDIO DEL ARTE
 CAPÍTULO II: MARCO CONCEPTUAL
 CAPÍTULO III: DISEÑO DE LA MEJORA TECNOLÓGICA
 CAPÍTULO IV: BENEFICIOS DE LA MICROEMPRESA

FIRMA DE CONFORMIDAD

M. en P. FERNANDO EL ORTIZ HERNÁNDEZ
PRIMER ASESOR

FIRMA DE CONFORMIDAD

DR. JUAN CARLOS PAREDES ROJAS
SEGUNDO ASESOR

Vb. Bc.

ING. MIGUEL ÁNGEL LÓPEZ VEGA
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE I.N.

APROBADO

M. en E. CARLOS AQUINO RUIZ
DIRECTOR INTERINO



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACAN
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA
OFICINA DE TITULACIÓN PROFESIONAL



CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE OBRA

En la Ciudad de México, a 15 de Agosto del año 2018, el (la) que suscribe Ricardo David Pérez Robles alumno (a) de la carrera de Ingeniería Mecánica, con número de registro R-029/18, egresado (a) de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Culhuacan, manifiesto que soy el (la) autor(a) intelectual del presente trabajo de Tesis, bajo la asesoría del (de la, de los) M. en P. Fernando Eli Ortiz Hernández y el M. en C. Juan Carlos Paredes Rojas y autorizo el uso del trabajo titulado Reingeniería de procesos en microempresa rural, implementando energía limpia, al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deberán reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del (de la) autor (a) y/ o asesor(es) del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a las siguientes direcciones de correo: ricardo.robles117@gmail.com o drickardo93@hotmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Ricardo David Pérez Robles
Nombre y firma del alumno (a)



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

**REINGENIERÍA DE PROCESOS EN
MICROEMPRESA RURAL, IMPLEMENTANDO
ENERGÍA LIMPIA.**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO

P R E S E N T A
RICARDO DAVID PÉREZ ROBLES

ASESORES
MPGCT. Fernando Eli Ortiz Hernández
Dr. Juan Carlos Paredes Rojas



CIUDAD DE MÉXICO

AGOSTO 2018

Dedicatoria

A mi familia

Los que siempre me brindan su apoyo y cariño incondicional.

Mi mamá y abuelita, que me han demostrado la convicción y dedicación que puede llegar a tener una mujer. De las que me siento orgulloso por tenerlas.

Mi abuelito y mi tío, que me dieron su compañía y enseñanzas. Un guía y amigo que se mantuvieron a mi lado.

Mis hermanos, sin los cuales mi vida no sería la misma y me motivan para ser mejor. Siempre estaré para ustedes.

A mis tías, más tíos y primos, de los que siempre obtengo un consejo, inspiración, fortaleza y alegría.

Cada uno muy importante, les agradezco que gran parte de lo bueno que hay en mí se los debo a ustedes.

A las personas que contribuyeron para este logro

Mis asesores que me dieron su tiempo, dedicación y consejos. Orientándome para siempre hacer cosas grandes con su ejemplo.

Dicen que nadie llega a tu vida por casualidad, cada persona forja tu carácter y te hace tomar decisiones que cambian tu rumbo.

A la institución

Que me brindó una oportunidad de la cual no todos son afortunados. De la que obtuve los conocimientos, habilidades y aptitudes para realizar este trabajo.

Y por la que al final de mis estudios superiores puedo decir,

“La técnica al servicio de la patria”

ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRACT

ABREVIATURAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVO GENERAL

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I: ESTUDIO DEL ARTE

1.1 Reingeniería de procesos	18
1.1.1 Historia de la Reingeniería de procesos	19
1.1.2 Concepto de Reingeniería BPR (Business Proces Reengineering).....	23
1.1.3 Comprensión de los procesos	26
1.1.4 Tipos de Reingeniería	28
1.1.5 Las diez claves del cambio	29
1.2 Innovación Tecnológica	32
1.2.1 Definición de Innovación Tecnológica	34
1.2.2 Implementación de la Innovación Tecnológica	35
1.2.3 La innovación radical (<i>Kakushin</i>).....	36
1.2.4 Fortalecimiento para el desarrollo de habilidades de asociación	37
1.3 Sistema de Innovación Agrícola	39
1.4 Métodos de Cultivo	40
1.4.1 Variables que afectan el cultivo	40
1.4.2 Métodos de cultivo en México.....	41
1.5 Beneficios del consumo de productos naturales	43

CAPÍTULO II: MARCO CONCEPTUAL

2.1 Energía renovable	46
2.1.1 Energía Hidráulica	47
2.1.2 Energía Eólica... ..	53
2.1.3 Energía Solar	59
2.1.4 Situación de la energía renovable en México	63

2.2 Generalidades sobre las máquinas hidráulicas	67
2.2.1 Turbinas de acción o impulso	68
2.2.2 Turbinas de reacción	69
2.2.3 Curvas características de turbinas hidráulicas	70
2.2.4 Elementos para el cálculo e instalación de turbinas hidráulicas	72
2.2.5 Coeficientes adimensionales. Velocidad específica y potencia específica	74

CAPITULO III: DISEÑO DE LA MEJORA TECNOLÓGICA

3.1 Elección del punto de mejora.....	78
3.2 Identificación de las variables críticas en el proceso del diseño.....	82
3.3 Memoria de cálculo.....	86
3.4 Diseño 3D del prototipo	99

CAPÍTULO IV: BENEFICIOS DE LA MICROEMPRESA

4.1 Análisis de resultados	103
4.2 Identificación de mejoras	106
4.3 Recomendaciones para trabajos futuros.....	108
4.4 Conclusiones	108

BIBLIOGRAFIA

ANEXO

RESUMEN

La Reingeniería de procesos, es una herramienta de las filosofías de mejora empresarial, tiene como objetivo analizar y diagnosticar los procesos operativos, estratégicos y tecnológicos de una empresa; con la finalidad de diseñar e implementar un cambio radical e innovador a corto plazo.

Este trabajo de investigación se deriva de los proyectos: SIP 20170035 “Kaizen y sistema automatizado con energía limpia para producir intensivamente plantas medicinales” y SIP 20181515 “Innovación y desarrollo sostenible en microempresa rural”. Se implementa la Reingeniería de Procesos a una microempresa rural que realiza actividades agrícolas, agropecuarias y comerciales. Beneficiando a su cultivo de plantas comestibles y medicinales, la crianza de peces en estanques y un negocio que produce comida típica.

Los métodos de cultivo sin suelo, el sistema para la crianza de peces y la elaboración de comida típica, requieren de recursos fundamentales como el agua y la energía eléctrica, para su desarrollo. Debido a la ubicación geográfica y la falta de infraestructura, la microempresa rural carece de energía eléctrica. Motivo por el cual, es necesario la implementación de una mejora tecnológica.

La mejora tecnológica, se logrará con el diseño de una turbina Michell-Banki que pueda favorecer las necesidades energéticas de la microempresa. Se presenta como una propuesta de generación energética limpia, aprovechando el recurso hídrico de los arroyos en la zona. La turbina Michell-Banki suele ser empleada para la micro-generación hidráulica, trabaja en grandes rangos de caudal y salto sin variar significativamente su eficiencia y en gastos de inversión es más accesible en diseño y construcción a diferencia de las turbinas Pelton, Francis y Kaplan.

ABSTRACT

Process reengineering is a tool of business improvement philosophies, aims to analyze and diagnose the operational, strategic and technological processes of a company; with the purpose of designing and implementing a radical and innovative change in the short term.

This research work is derived from the projects: SIP 20170035 "Kaizen and automated system with clean energy to intensively produce medicinal plants" and SIP 20181515 "Innovation and sustainable development in rural microenterprise". Process Reengineering will be implemented to a rural microenterprise that performs agricultural, agricultural and commercial activities. Benefiting its cultivation of edible and medicinal plants, the raising of fish in ponds and a business that produces typical food.

The methods of cultivation without soil, the system for the raising of fish and the elaboration of typical food, require of fundamental resources like the water and the electrical energy, for its development. Due to geographic location and lack of infrastructure, rural microenterprise lacks electricity. Reason why, it is necessary to implement a Technological Improvement.

Said technological improvement will be achieved with the design of a Michell-Banki turbine that can favor the energy needs of the microenterprise. It is presented as a proposal for clean energy generation, taking advantage of the water resources of the streams in the area. The Michell-Banki turbine is usually used for hydraulic micro-generation, works in large flow and hop ranges without significantly changing its efficiency and in investment costs is more accessible in design and construction unlike the Pelton, Francis and Kaplan turbines.

Key words: Reengineering, Technological Improvement, micro-generator, clean energy.

ABREVIATURAS

L	Litros	R_c	Radio de curvatura del rodete
s	Segundos	R_a	Radio de corte
m	Metros	d^3	Diámetro mínimo del eje
V	Velocidad del fluido	r	Radio de curvatura
Q	Caudal	B_i	Ancho del inyector
Q_a	Caudal en un solo alabe	B_R	Ancho del rodete
H	Altura útil	N	Velocidad nominal de rotación
H_n	Altura neta	N_s	Velocidad específica
z	Número de inyectores	N_q	Rango de revoluciones
η	Eficiencia	N_d	Número de tapas
Z	Número de polos	P	Potencia de la maquina
f	Frecuencia	P_a	Peso del alabe
g	Coefficiente gravitacional	P_t	Factor ASME
γ	Peso específico	P_{tr}	Peso total del rotor
ρ	Densidad	l	Ancho del rotor
C	Velocidad absoluta	Z_F	Número de alabes
C_u	Velocidad absoluta en dirección mediana	δ	Angulo de admisión del rotor
u	Velocidad relativa	T_{max}	Torque máximo
W	Velocidad angular	T_x	Torque en eje x
α	Angulo de diseño	T_y	Torque en eje y
β	Angulo de salida	M_{max}	Momento máximo
K_c	Coefficiente de velocidad	M_x	Momento en eje x
K_m	Factor de diseño	M_y	Momento en eje y
K_t	Factor de diseño	a	Distancia del disco a la chumacera
D	Diámetro exterior	F_R	Frecuencia de giro
d	Diámetro interior	S_e	Esfuerzo de diseño
e	Espesor		
D_e	Diámetro del rodete		
D_i	Diámetro interior del rodete		

INDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I: ESTADO DEL ARTE

Figura 1. 1 Usos japonés y occidental de la orientación hacia los procesos	18
Figura 1. 2 Calidad en el antiguo Egipto	19
Figura 1. 3 Casa de la producción esbelta	20
Figura 1. 4 Filosofías fundamentales en las que se basa la Reingeniería de Procesos	21
Figura 1. 5 Evolución de la calidad y la Reingeniería de procesos a través del tiempo	22
Figura 1. 6 Los competidores y clientes definen la capacidad requerida para entrar o liderar en cualquier segmento de la industria	27
Figura 1. 7 Administración de Calidad Total (TQM) y la visión de la Reingeniería	28
Figura 1. 8 Tipos de Reingeniería de procesos que una compañía puede emprender.....	29
Figura 1. 9 Las diez claves del cambio, método de gestión de procesos	30
Figura 1.10 Conceptos fundamentales de la Reingeniería de Procesos para su aplicación ..	31
Figura 1.11 Factores críticos de éxito para la implementación de BPR.....	32
Figura 1.12 TQM y la interrelación con la Reingeniería para una organización.....	33
Figura 1.13 Tipos de innovación, implementados en la empresa mediante su criterio	35
Figura 1.14 Kakushin y los Kanjis de los que se deriva su significado	36
Figura 1.15 Tipología de la protección industrial	37
Figura 1.16 Tips para desarrollar habilidades de asociación.....	38
Figura 1.17 Dinámica del sistema de innovación	39
Figura 1.18 Métodos de cultivo	40
Figura 1.19 Variables que afectan un cultivo	41
Figura 1.20 Superficie agrícola en México	42
Figura 1.21 Tipos de irrigación utilizados	42
Figura 1.22 Aplicación de las plantas comestibles y medicinales.....	43
Figura 1.23 Beneficios de las plantas medicinales.....	44

CAPÍTULO II: MARCO CONCEPTUAL

Figura 2. 1 Tipos de energía renovable.	46
Figura 2. 2 Disposición típica de los distintos elementos hidráulicos presentes en una central hidroeléctrica clásica	48
Figura 2. 3 Conceptos derivados de la energía Hidráulica	50
Figura 2. 4 Comportamiento del Recurso Hidráulico	51
Figura 2. 5 Capacidad global Hidroeléctrica, Top 6 y Resto del Mundo, 2016	52
Figura 2. 6 Distribución de vientos a escala global	53
Figura 2. 7 Generación de energía eólica	53
Figura 2. 8 Variables en la generación de energía eólica.....	54
Figura 2. 9 Esquema de una turbina de eje horizontal	55
Figura 2. 10 Tipos de Aerogeneradores.....	55
Figura 2. 11 Aerogeneradores de eje vertical y horizontal	56
Figura 2. 12 Principales componentes en aerogeneradores VAWT y HAWT ..	57
Figura 2. 13 Capacidad de energía eólica y adiciones, 10 países principales, 2016.	58
Figura 2. 14 Componentes de la radiación.....	59

Figura 2. 15 Diagrama básico de un SFA en corriente directa y alterna.....	61
Figura 2. 16 Diagrama de un módulo fotovoltaico.....	62
Figura 2. 17 Capacidad global solar, acciones de los 10 principales países y resto del mundo.....	62
Figura 2. 18 Capacidad de energía renovable en el mundo (GW).....	63
Figura 2. 19 Capacidad y generación de centrales hidroeléctricas por control 2016. (MW, GWh).....	64
Figura 2. 20 Potencial del recurso eólico en México	65
Figura 2. 21 Mapa típico de insolación solar en la República mexicana.....	65
Figura 2. 22 Ley de transición energética	66
Figura 2. 23 Esquema de una bomba centrífuga	67
Figura 2. 24 Máquinas volumétricas o de desplazamiento positivo, alternativa de émbolo...	68
Figura 2. 25 Bombas volumétricas rotativas, de tornillo sin fin	68
Figura 2. 26 Esquema básico de una turbina de acción tipo Pelton	69
Figura 2. 27 Esquema básico de una turbina de reacción Francis típica.....	69
Figura 2. 28 Dibujo esquemático de una turbina Kaplan de eje vertical	70
Figura 2. 29 Curvas características típicas en una turbina de reacción para una posición fija de los álabes del distribuidor	71
Figura 2. 30 Curvas características de potencia para una turbina de reacción en función del régimen de giro y de la apertura del distribuidor	72
Figura 2. 31 Esquema de una instalación de turbinado.....	72
Figura 2. 32 Estimación del rendimiento en función de la velocidad específica para varios tipos de turbina.....	74
Figura 2. 33 Diagrama energético de Sankey para turbinas hidráulicas.....	74

CAPÍTULO III: DISEÑO DE LA MEJORA TECNOLÓGICA

Figura 3. 1 Proceso metodológico del modelo “Value Explorer”.....	78
Figura 3. 2 Etapas de diseño para evaluar una idea.	82
Figura 3. 3 Grafica del caudal del arroyo según la temporada de lluvias y sequias.....	84
Figura 3. 4 Diagrama de la zona de estudio.....	84
Figura 3. 5 Selección de turbina, según el salto y caudal de diseño.	85
Figura 3. 6 Presentación del diseño seleccionado.	86
Figura 3. 7 Triangulo de velocidades.	88
Figura 3. 8 Dimensiones características del inyector y rotor	93
Figura 3. 9 Ángulo respecto al centro del tubo de 5" de un álabe.	95
Figura 3.10 Diagrama de fuerzas en el eje del rotor.....	97
Figura 3.11 Modelo 1 de la turbina Michell-Banki flujo horizontal.....	99
Figura 3.12 Modelo 2 de la turbina Michell-Banki flujo vertical	99
Figura 3.13 Vista explosionada turbina Michell-Banki flujo horizontal	99
Figura 3.14 Vista explosionada turbina Michell-Banki flujo vertical	100
Figura 3.15 Rodete	100
Figura 3.16 Inyector.....	100
Figura 3.17 Álabe directriz	101
Figura 3.18 Carcasa	101
Figura 3.19 Pieza de transición.....	101

CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA MEJORA TECNOLÓGICA

Figura 4. 1 Vista topográfica de la zona.....	103
Figura 4. 2 Diagrama de operaciones	103
Figura 4. 3 Selección del generador eléctrico.	104
Figura 4.4 Comparativo del Modelo 1 y 2 de la turbina Michell-Banki.	106
Figura 4.5 Carga parcial de operación de la turbina	107

INDICE DE TABLAS

CAPÍTULO II: MARCO CONCEPTUAL

Tabla 2.1 Clasificación de las centrales Hidroeléctricas con respecto a su asentamiento y morfología.....	48
Tabla 2.2 Clasificación de las centrales Hidroeléctricas con respecto a la altura de salto....	49
Tabla 2.3 Centrales Hidroeléctricas más grandes del mundo.....	52
Tabla 2.4 Principales ventajas y desventajas de los aerogeneradores VAWT y HAWT....	57
Tabla 2.5 Ranking de países por potencia instalada acumulada en (MW).....	58
Tabla 2.6 Ventajas y desventajas de un SFA.....	60
Tabla 2.7 Rangos de velocidad específica y de altura neta para los distintos tipos de turbinas	73
Tabla 2.8 Rangos de valores usuales de la velocidad específica y de la potencia específica para diferentes tipos de turbomáquinas.....	76

CAPÍTULO III: DISEÑO DE LA MEJORA TECNOLÓGICA

Tabla 3.1 Lista de ideas-productos que puedan realizarse físicamente.....	80
Tabla 3.2 Ejemplo de ideas y problemas que satisfacen.....	80
Tabla 3.3 Evaluación de las ideas.....	81
Tabla 3.4 Condiciones iniciales para el diseño.....	86
Tabla 3.5 Relaciones para la solución de los diagramas de velocidades.....	88
Tabla 3.6 Relaciones del ángulo β_1 según el ángulo de entrada α_1	89
Tabla 3.7 Parámetros de diseño propuestos	90
Tabla 3.8 Parámetros de entrada	91
Tabla 3.9 Selección del diámetro de rodete según la relación caudal y altura.....	91
Tabla 3.10 Dimensiones del rodete según OLADE 1985.....	92
Tabla 3.11 Rango de operación de las turbinas hidráulicas según N_s y N_q	94
Tabla 3.12 Número de alabes según el diámetro del rotor.....	94

CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA MEJORA TECNOLÓGICA

Tabla 4.1 Lista costos de manufactura y materiales.....	105
Tabla 4.2 Ventajas y desventajas del Modelo 1 y 2..	106

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Falta de energía eléctrica en zona rural debido a su alejada ubicación y el costo elevado para la rentabilización de la infraestructura eléctrica. La microempresa ubicada en la zona rural requiere energía eléctrica para el desarrollo de sus actividades agrícolas, agropecuarias y comerciales.

OBJETIVO GENERAL

Aplicar la Reingeniería de procesos en una microempresa para el desarrollo de sus actividades agrícolas, agropecuarias y comerciales, diseñando una mejora tecnológica que implemente energía limpia.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar una turbina Michell-Banki que se adapte a las condiciones y necesidades de potencia requeridas.
- Implementar la filosofía de mejora empresarial “Reingeniería” en el proceso para el cultivo de plantas comestibles y medicinales, la crianza de peces en estanques y un negocio que produce comida típica. Para aumentar la productividad y eficiencia a corto plazo.

INTRODUCCIÓN

Actualmente aún existen zonas rurales en México que no cuentan con líneas hidráulicas, eléctricas y redes de telecomunicaciones, debido a su ubicación geográfica remota y el costo elevado para la rentabilización de infraestructura.

Este trabajo de investigación fomenta un desarrollo sostenible, planteando una mejora tecnológica para resolver una problemática energética de las zonas rurales prevaletentes en México. A los productores y microempresas rurales les resulta complicado tener sistemas de gestión económicos y tecnológicos que les permita aprovechar sus recursos, e impulsar su desarrollo productivo. El desarrollo sostenible satisface las necesidades del presente sin comprometer las capacidades que tienen las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. (Suárez & González Vázquez, 2014).

La Secretaria de energía establece que en el 2016 la población con cifra total de 121.006 millones consumió un total de 260,051.895 GWh a nivel nacional (SENER, 2016). Es necesario decir, que gran parte de la energía generada es mediante la producción geotermica, termoeléctrica, los ciclos combinados y carboeléctrica. Contribuyendo a la generación de CO₂, haciendo que México ocupe el lugar 10 en el Rankin mundial de emisiones de CO₂ generadas, contribuyendo con el 2% del porcentaje total de emisión mundial. (Mengpin, Johannes, & Thomas, 2014).

La generación nuclear y las energías renovables son las únicas que no contribuyen al efecto invernadero. El aprovechamiento de las energías renovables, al desplazar el consumo de combustibles fósiles, constituye una de las principales estrategias de mitigación del cambio climático a nivel mundial. (Cabrera, 2011, pág. 53). El sector energético en México ha sufrido una transformación total en los últimos años: dejó de ser una industria dominada por dos jugadores monopólicos, la CFE en la industria eléctrica y Petróleos Mexicanos (PEMEX) en la de hidrocarburos, y a partir de la

reforma del 2013 se han generado condiciones de apertura y competitividad para los inversionistas privados con interés de participar en el sector. (Sonora, 2017, pág. 29)

Sin embargo, que la tecnología extranjera explote el país no ha llevado energía a toda la población. Por lo que actualmente es mayor el aprovechamiento de los recursos solar, hidráulico y eólico, sabiendo que las regiones del norte del país se sitúan una de las zonas de mayor potencial de generación solar fotovoltaico a nivel mundial, por su alto nivel de irradiación. Las zonas más ventosas del estado de Oaxaca y otros estados como Tamaulipas, Baja California, Puebla o Veracruz permitirían maximizar las horas de funcionamiento de las instalaciones eólicas. (...) Adicionalmente, los ríos, especialmente en la región sur-sureste albergan un alto potencial de instalación de centrales hidráulicas de pequeña escala. (PwC, Works, IMERE, & WWF, 2013)

El implementar un pensamiento innovador y radical como el que fundamenta la Reingeniería, puede ayudar a que los pobladores de las zonas rurales tengan acceso a la energía mediante el desarrollo de mejoras tecnológicas fundamentadas en la energía limpia. Como refieren (González, Chamorro, & Rubio, 2012) menciona

“En los primeros años del siglo XXI la calidad ha dejado de ser una prioridad competitiva para convencer en un imprescindible para competir en muchos mercados. Es decir, tener calidad no garantiza el éxito.

Así, el logro de la calidad no es posible sin aplicar la filosofía de la mejora continua y para que la organización pueda mejorar continuamente antes se tiene que aprender y conocer”.

Después de varias fuentes consultadas la definición de este juzgador expresa la Reingeniería como un conjunto de herramientas estratégicas que tienen como propósito, gestar nuevas ideas y medios necesarios para generen resultados positivos de productividad, servicios, calidad e innovación en un corto periodo de tiempo. Abriendo nuevas posibilidades personales, de mercado y competitividad.

Para poder comenzar la Reingeniería es fundamental definir ¿a dónde se quiere llegar?, ¿en qué circunstancias te encuentras? y sobre todo estar dispuesto a cambiar una mentalidad anticuada, para que puedas alcanzar el éxito. (Johansson, McHugh, Pendlebury, & Hheeler III, 2014). Y poder llegar a una mejora tecnológica, la cual se define como la implementación de un producto (bien o servicio) nuevo o con mejoras significativas, o como un proceso, un método de comercialización, o un método organizacional nuevo en una práctica empresarial, organización de trabajo o en relaciones externas. (Tecnológico, 2012)

Como lo expresa (Barba, 2011) en su libro, el Kaisen pretende mejorar las prestaciones de los productos elevando gradualmente el nivel del producto hasta que se convierta en el estándar del sector, en espera de que aparezca en el futuro un Kakushin, es decir, una innovación radical.

Todos estos conceptos fueron considerados desde el planteamiento del problema hasta la concepción del diseño de la turbina. Implementando el método de diseño y la metodología de investigación más amplia con la finalidad de obtener resultados mejores a los esperados.

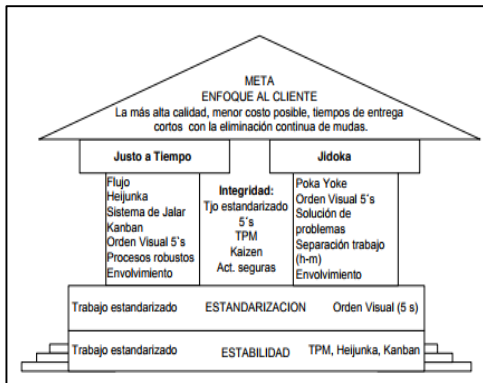
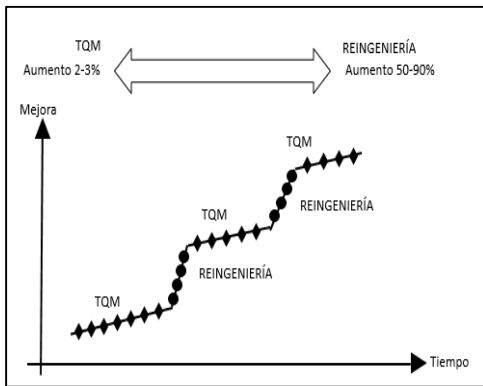
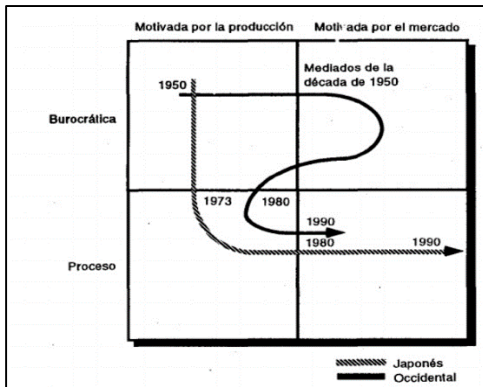
No es pertinente perder de vista que no solo se deben buscar resultados óptimos en costos, producción o tiempo. Las actividades que desarrolla la microempresa como la agrícola, es una de las principales en el país ocupando el 80% de la superficie en México con una cifra de 27.5 millones de hectáreas, mientras que el 20% restante pertenece a la superficie de riego. (INEGI, 2015). El fomentar el cultivo de las plantas comestibles y medicinales, ayuda a una vida más sana y saludable.

Las plantas medicinales contienen sustancias químicas que se conocen como principios activos; éstos ejercen una acción farmacológica beneficiosa o perjudicial sobre el organismo vivo. (Restrepo & Otros, 2013) Si se quiere tener una participación eficaz en el mercado nacional e internacional de plantas comestibles y medicinales, es necesario abordar el paradigma de la calidad. (Restrepo & Otros, 2013). Estos beneficios recaen por completo a combatir el índice de obesidad en México,

A continuación, se mencionan los índices de obesidad en los que México se encuentra actualmente, obtenidos de (Pública, 2016). En la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición se evaluó la prevalencia de sobrepeso y obesidad en niños, adolescentes y adultos. Estos resultados variaron según sexo (masculino o femenino) y lugar de residencia (zona rural o urbana).

Se realizó una encuesta nacional probabilística y por conglomerados con representatividad regional y urbana y rural. Se entrevistaron a integrantes de 9,474 viviendas; la unidad de observación fue el individuo y se seleccionaron al azar 29,795 individuos de los siguientes grupos de edad: 5-11 años (edad escolar), 12-19 años (adolescentes) y 20 y más años (adultos).

CAPÍTULO I: ESTUDIO DEL ARTE



Otras razones del fracaso son la falta de compromiso, objetivos realistas, liderazgo y resistencia al cambio

(Khodambashi, 2013)

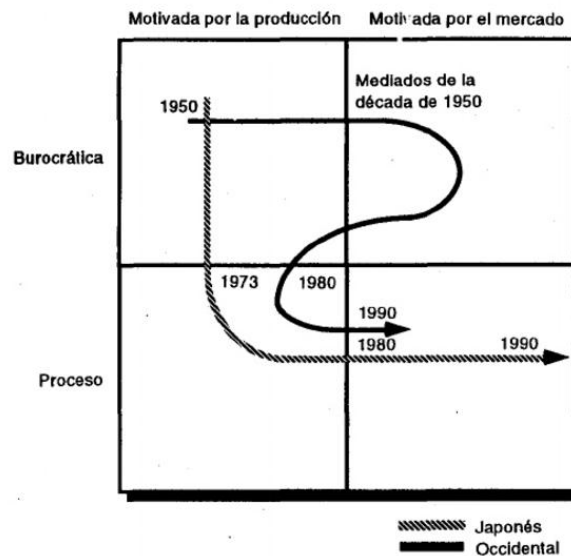
I.1 Reingeniería de procesos

Desde el origen del hombre surge la Calidad y la Mejora continua. De manera que se vuelve relevante conocer el inicio de estos conceptos y enfatizar, en esta tesitura que sin los antecedentes de experiencias y conocimientos adquiridos por el hombre durante el paso de la historia; no se habría llegado a esta herramienta fundamental para las empresas.

La Reingeniería surge en la década de los ochenta, cuando las empresas deciden dar un cambio radical en su producción mediante el rediseño radical de los procesos. En 1993 Michael Hammer y James Champy fueron los pioneros de la divulgación de esta nueva herramienta de mejora empresarial, al publicar su libro "Reingeniería" el cual documentaba los casos de éxito donde la Reingeniería había sido implementada.

La *Figura 1.1* que se muestra a continuación, ilustra los sucesos fundamentales del desarrollo de la Calidad y Mejora continua, hasta la llegada de las herramientas de mejora empresarial.

Figura 1.1 Usos japonés y occidental de la orientación hacia los procesos.



Fuente: Esta figura está basada en el trabajo de Giorgio Merli, un socio de la firma de consultores en administración Alberto Galgano & Associati. Aparece en su libro Total Manufacturing Management: Production Organization for the 1990s; originalmente publicado en italiano en 1987, Productivity Press publicó la versión en inglés en 1990. (Johansson, McHugh, Pendlebury, & Hheeler III, 2014, pág. 18)

1.1.1 Historia de la Reingeniería de procesos

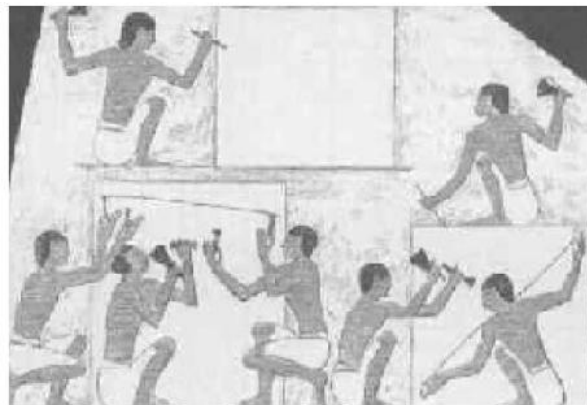
Destacando los acontecimientos más relevantes de (Landeta, 2011) que expresa en su libro. La historia de la Calidad y Mejora continua se remonta:

La Calidad nació desde el mismo instante en que el hombre apareció sobre la faz de la Tierra (Véase *Figura 1.2*) pues en su naturaleza ha persistido el deseo de superación y el de hacer cada vez mejor las cosas.

Desde la era de las cavernas hace 50,000 años, el ser humano habitó cuevas para refugiarse y protegerse de los efectos adversos del clima y las bestias, (...) Una vez desarrolladas esas habilidades, comenzó la usufactura: el hombre fabrica sus primeros utensilios como vasijas, herramientas y armas (...). Aquí fue donde propiamente inicio la calidad.

Posteriormente en el periodo neolítico, (...) desarrolla la práctica de la agricultura y cultiva sus alimentos. (...) construye sus primeras viviendas. Desarrollo de la metalurgia –la edad de los metales- hace 5000 años. Desde entonces, la administración de la calidad surge como un proceso para mejorar el conocimiento y su posición en la sociedad.

Figura 1. 2 Calidad en el antiguo Egipto



Fuente: Recuperado de (González, Chamorro, & Rubio, 2012) En el antiguo Egipto ya existía la figura del inspector de calidad que comprobaba que los bloques de piedra tuviesen las dimensiones adecuadas para la construcción de las grandes obras.

El siguiente paso en la evolución fue el de la manufactura (...), así como la especialización en algunas actividades –capacitación de los artesanos para que aprendieran más y mejoraran destrezas en sus labores-.

La primera organizacional formal que realizó controles de calidad fue la china en el año 1600 a.C. con la dinastía Shang (...) normalización y estándares de calidad. A finales del siglo XIX el ingeniero y economista Frederick W. Taylor desarrollara en Estados Unidos la investigación científica, logrando aumentar en forma significativa los niveles de productividad mediante la observación de los tiempos y los movimientos de los empleados en varias tareas especializadas. En la *Figura 1.3* se puede observar cómo se fundamenta el inicio de los nuevos enfoques de la producción.

Para definir la relevancia histórica de la Reingeniería en los procesos empresariales se alude a (Vergara, 2011) que refiere en su cuaderno de apuntes y la separa en 5 etapas relevantes:

En la década de los años ochenta se dio la primera fase, cuando varias empresas dieron un vuelco radical en sus negocios por medio del rediseño de sus procesos. Era la época en que emergía este enfoque y su aplicación se circunscribía a unas cuantas corporaciones norteamericanas.

Figura 1. 3 Casa de la producción esbelta.



Fuente: Recuperado de *The Toyota Way*, Jeffrey. K. Liker (Álvarez, Corona, Rodríguez, & Moreno, 2010, pág. 16)

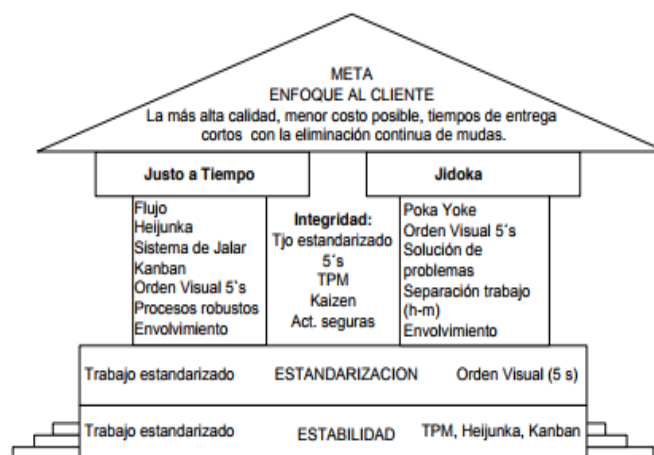
La segunda fase se inicia en 1993, al publicarse los casos de las empresas que habían rediseñado con éxito sus procesos y la forma en que lo habían logrado. Michael Hammer y James Champy, por medio del libro Reingeniería, permitieron la divulgación masiva y rápida del rediseño. (Véase Figura 1.4)

Durante este período las empresas en muchos países iniciaron procesos de reingeniería y el enfoque tuvo una expansión extraordinaria. (...). Breve tiempo después siguen el camino de la reingeniería las empresas más conservadoras, dando paso a la tercera fase.

A partir de 1995 se inicia la cuarta fase: la fuerte crítica a la reingeniería. Consultores, investigadores universitarios y ejecutivos empezaron a acumular experiencias que mostraban algunas limitaciones de la versión original de este enfoque y detectaron los factores que atentaban contra su éxito.

La quinta fase empieza a emerger al concluir los años noventa y tomará fuerza al iniciarse éste nuevo siglo, replanteando el rediseño en un clima menos influido por la moda y dejando de lado a los detractores superficiales de la reingeniería. (...), constituyendo una alternativa permanente de efectividad organizacional para los ejecutivos.

Figura 1. 4 Filosofías fundamentales en las que se basa la Reingeniería de Procesos.



Fuente: Recuperado (Álvarez, Corona, Rodríguez, & Moreno, 2010, pág. 17)

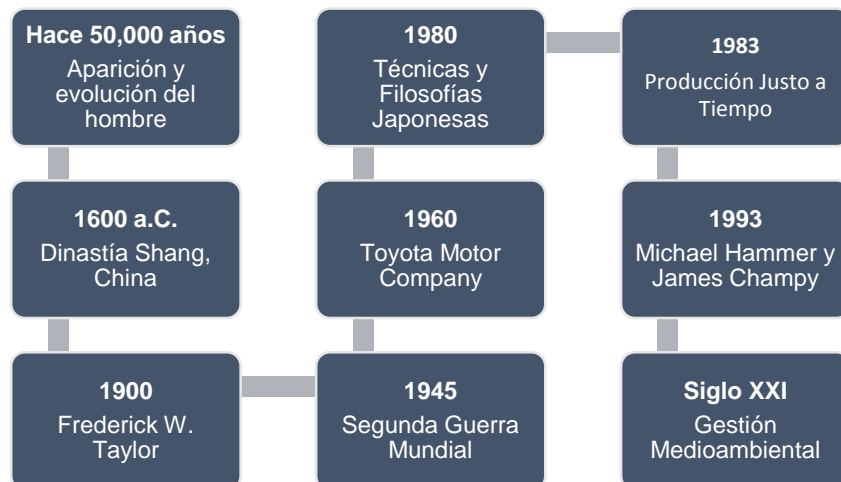
Actualmente la Reingeniería, en conjunto con otras filosofías de mejora continua es utilizada por empresas que lideran y dominan el mercado globalizado. Sin embargo, ya no es suficiente garantizar un producto de calidad para ser competitivo y estar presente en el punto más alto de la organización empresarial, como refieren (González, Chamorro, & Rubio, 2012) en su libro:

En los primeros años del siglo XXI la calidad ha dejado de ser una prioridad competitiva para convencer en un imprescindible para competir en muchos mercados. Es decir, tener calidad no garantiza el éxito.

Así, el logro de la calidad no es posible sin aplicar la filosofía de la mejora continua y para que la organización pueda mejorar continuamente antes se tiene que aprender y conocer.

La *Figura 1.5*, muestra los acontecimientos más relevantes por los que el hombre ha pasado para desarrollar las actividades que volvieron su vida más sencilla, práctica y productiva. El desarrollo de la calidad y las herramientas de mejora continua fueron esenciales para lograr el mercado actual.

Figura 1. 5 Evolución de la calidad y la Reingeniería de procesos a través del tiempo.



Fuente: Basado de (Landeta, 2011, págs. 19-21) y (Johansson, McHugh, Pendlebury, & Hheeler III, 2014, págs. 15-17)

Puntualizo lo que realizó Toyota Motor Company en la década de los 80's como el auge en donde las filosofías de mejora continua alcanzaron resultados sorprendentes. A partir de ese momento, las empresas comenzaron a desarrollar nuevos procesos y mejorar los existentes, cambiando la ideología de la producción masiva.

Actualmente, se han desarrollado nuevas filosofías de mejora empresarial, como el Benchmarking. Filosofía moderna que se especializa en estudiar empresas líderes, asimilándolas con otras de menor jerarquía, para mejorar su funcionamiento mediante la vertiente de aprender y mejorar.

Esto puede hacer pensar que las filosofías como la Reingeniería, Kaisen o Lean manufacturing, han quedado en el olvido. Sin embargo, siguen teniendo la misma relevancia para las empresas modernas. Son el cimiento, para que una empresa pueda dar comienzo, prosperar y llegue a convertirse en líder del mercado.

1.1.2 Concepto de Reingeniería BPR (Business Proces Reengineering)

La Reingeniería es un concepto que ha cambiado de enfoque y significado con el pasar del tiempo. Debido a que es una herramienta en la que se necesita dejar los paradigmas anticuados y tener la certeza de generar un cambio radical a corto plazo. Se ve intervenida por varios factores externos, tales como: el avance tecnológico, la demanda de la sociedad, los estándares de calidad o las políticas ambientales.

Una vez expresado lo anterior, fue necesario reunir varios conceptos de Reingeniería para poder determinar un significado vigente.

La Reingeniería, entendida por (Landeta, 2011) como la "Revisión fundamental y el rediseño radical de procesos para alcanzar mejoras espectaculares en las medidas tradicionales de desempeño del negocio, como son la calidad, costo, servicio y rapidez".

Por el contrario, (Johansson, McHugh, Pendlebury, & Hheeler III, 2014) mencionan:

La Reingeniería de procesos de negocios (...) o simplemente BPR (Business Proces Reengineering), busca una mejora radical en lugar de una de carácter continuo. Incrementa los esfuerzos de la Producción Justo a Tiempo (JIT) y Administración de Calidad Total (TQM) para hacer la orientación hacia los procesos una herramienta estratégica y el centro de la competencia en la organización.

Se concentra en los procesos esenciales de un negocio, y utiliza las técnicas básicas de las “cajas de herramientas” de JIT y TQM como activadores, (...). Impulsa las métricas externas del éxito, como por ejemplo en mejorar su participación en el mercado.

El esfuerzo debe producir resultados que mejoren la eficiencia operacional a tal grado que se abran nuevas oportunidades en el mercado.

Los siguientes conceptos fueron obtenidos de (Rafoso Pomar & Artiles Visbal, 2011), los cuales hacen una recapitulación de la Reingeniería y plasma las ideas de diversos autores que la desarrollaron y aplicaron en sus obras.

- Pérez Hurtado (2009) opina,
 - Es un medio para lograr cambios radicales en el desempeño, tomando como las medidas el costo, los tiempos de los ciclos, el servicio y la calidad, y buscando la mejora de los procesos relacionados con el cliente para que le agreguen valor real.
- Halliburton (2006), expone en su obra:
 - En este contexto, el rediseño o Reingeniería de procesos es un conjunto de tareas técnicas, de relevamiento, análisis y diagnóstico de los circuitos administrativos y de gestión de las organizaciones públicas, destinado a determinar el estado actual y proponer las medidas para procesar los requerimientos de los

productos internos y la producción terminal –los productos finales- que justifica la existencia de la institución pública.

- Mauricio Lefcovich, (2004) sin embargo explica que:

Constituye una recreación y reconfiguración de las actividades y procesos de la empresa, lo cual implica volver a crear y configurar de manera radical él o los sistemas de la compañía a los efectos de lograr incrementos significativos, y en un corto período de tiempo, en materia de rentabilidad, productividad, tiempo de respuesta, y calidad, lo cual implica la obtención de ventajas competitivas.

- Según, Zaratiegui (1999):

La Reingeniería implica normalmente enfrentarse a los cambios por adoptar con la mente limpia de la historia pasada; se recomienda pensar en la situación a la que se aspira para a partir de ahí, idear y diseñar los medios necesarios, sin sentirse atados por lo que se está haciendo, que supondrá un lastre a las nuevas ideas.

- (Hammer, 1994)

Expone que «si bien la Reingeniería requiere de creatividad, no es necesario empezar con una pizarra totalmente en blanco: Ya han hecho Reingeniería un número suficiente de compañías como para que se pueda columbrar ciertas pautas que se repiten en los procesos rediseñados.

Con lo antes mencionado, puedo definir a la Reingenieriza como:

Un conjunto de herramientas estratégicas que tienen como propósito, gestar nuevas ideas y medios necesarios para generen resultados positivos de

*productividad, servicios, calidad e innovación en un corto periodo de tiempo.
Abriendo nuevas posibilidades de mercado y competitividad.*

Es fundamental definir ¿a dónde se quiere llegar?, ¿en qué circunstancias te encuentras? y sobre todo estar dispuesto a cambiar una mentalidad anticuada, para que puedas alcanzar el éxito. Además, es prudente mencionar lo que (Johansson, McHugh, Pendlebury, & Hheeler III, 2014) sostienen:

El mejoramiento continuo es exactamente la idea correcta si eres el líder mundial en lo que haces. Pero es una terrible idea si no es así, la reingeniería busca generar cambios a pasos agigantados y rápidos para posicionarte en un estándar de mercado competitivo, sin embargo, también puede terminar con una empresa que no estaba preparada para un cambio tan radical.

1.1.3 Comprensión de los procesos

Para definir lo que es un proceso expongo lo que (Gobierno, 2016) menciona en su obra, de los siguientes autores:

(Davenport, 1993), expresa que un proceso se define como:

“Un conjunto estructurado, medible de actividades diseñadas para producir un producto especificado, para un cliente o mercado específico. Implica un fuerte énfasis en ¿Cómo? se ejecuta el trabajo dentro de la organización, en contraste con el énfasis en el ¿Qué?, característico de la focalización en el producto”.

La (Norma Internacional ISO 9000, 2005), por otra parte, define: “Un conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados”

Finalmente, (Bravo, 2009) expone: Lo procesos representan el hacer de la organización, se trata de una cadena de acciones realizadas por un conjunto de

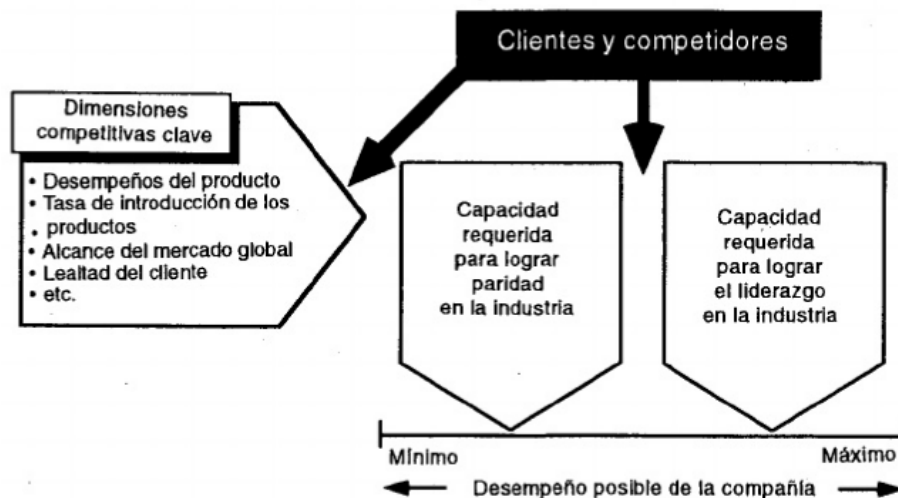
personas que pertenecen a diferentes áreas funcionales y que tienen como misión coordinarse para llevar a cabo un objetivo común.

Para consumir la definición de lo que es un proceso, puedo precisar:

Proceso es un conjunto de actividades sistematizadas, en donde su correcto funcionamiento depende de la manera en que cada una sea ejecutada. Debe ser monitoreado y corregido para que pueda lograr un propósito, en el menor tiempo y sin errores.

La Reingeniería de procesos de negocios en general se concentra en las actividades principales de un negocio o empresa. (Johansson, McHugh, Pendlebury, & Hheeler III, 2014). Un proceso debe jerarquizarse para saber la importancia que tendrá cada tarea en la realización del objetivo, se plantea de manera concisa y específica para identificar el recorrido que seguirá. (Véase Figura 1.6) Finalmente, la simplicidad de su representación será la prioridad para que todas las personas involucradas puedan comprenderlo.

Figura 1. 6 Los competidores y clientes definen la capacidad requerida para entrar o liderar en cualquier segmento de la industria.

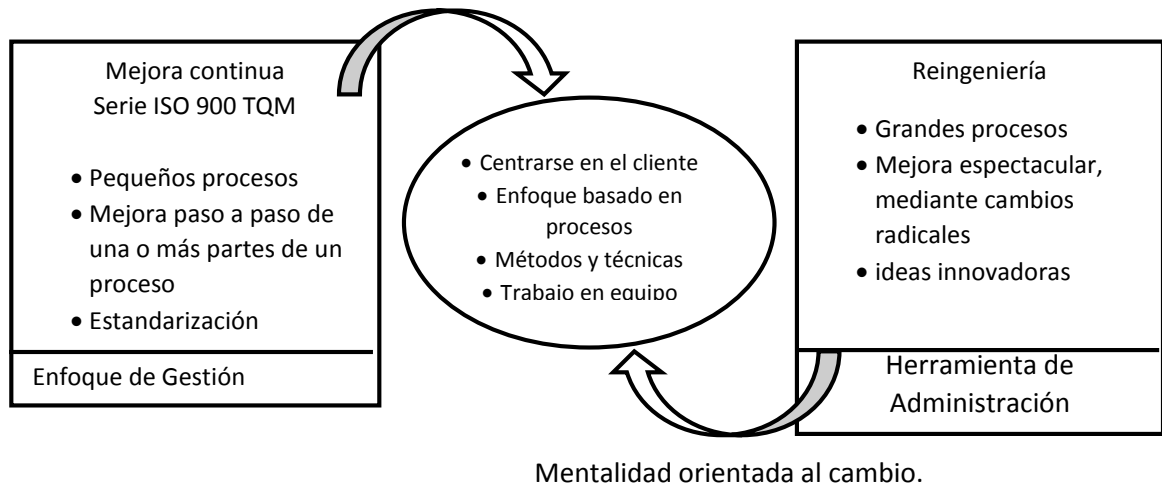


Fuente: (Johansson, McHugh, Pendlebury, & Hheeler III, 2014, pág. 77)

1.1.4 Tipos de Reingeniería

La Reingeniería y la Mejora continua basada en los estándares de calidad ISO 9000, se consideran enfoques extremos en la "vida" de una organización. A continuación, se observan las diferencias entre estos dos conceptos (Véase *Figura 1.7*), en donde la primera pretende crear pequeñas mejoras, pero constantes. Por otro lado, la Reingeniería pretende crear grandes cambios a corto plazo.

Figura 1. 7 Administración de Calidad Total (TQM) y la visión de la Reingeniería.

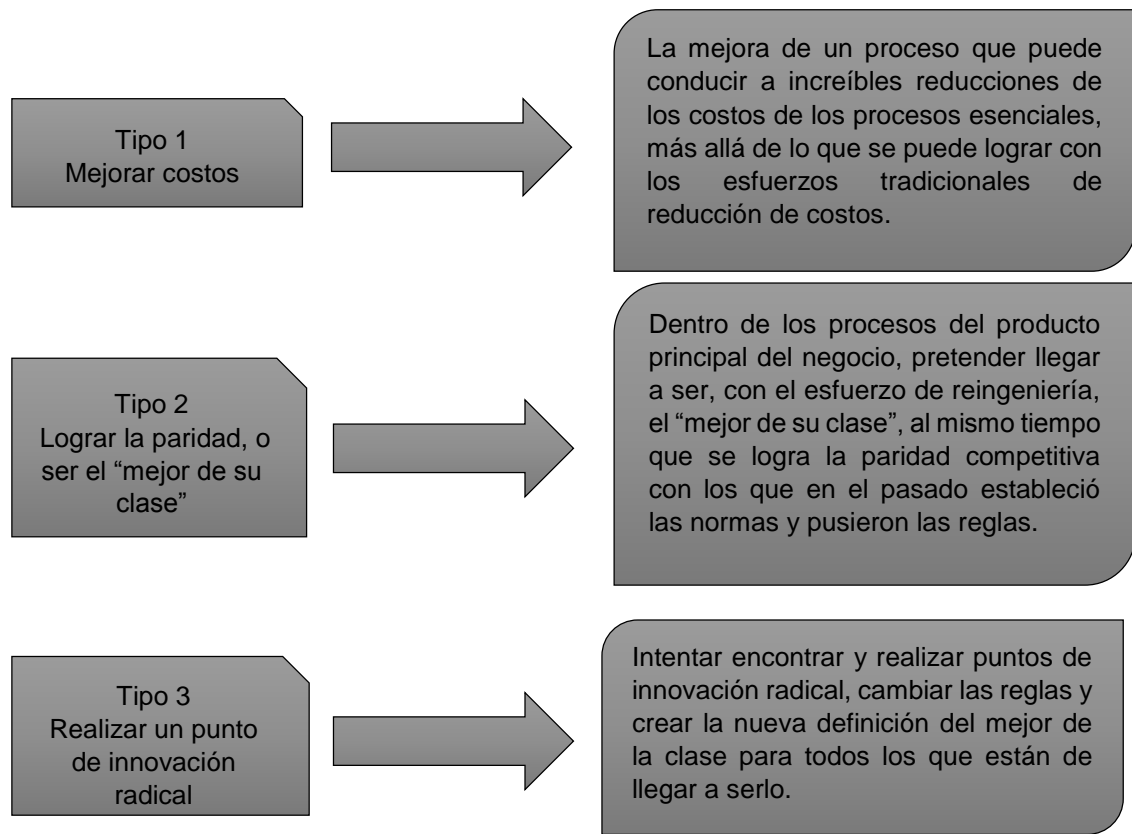


Fuente: Traducción adaptada de (Ionica, Leba, & Corbu, 2013, pág. 347)

La Reingeniería tiene ciertos criterios con los que puede ser aplicada, los cuales se plasmarán a continuación, en la *Figura 1.8*. Sin embargo, es importante saber las limitantes que puede tener. Como BPR es de un enfoque descendente y la participación de los empleados son necesarios, existirá resistencia al cambio.

Otras razones del fracaso son la falta de compromiso de gestión, objetivos realistas, liderazgo y resistencia al cambio (Khodambashi, 2013).

Figura 1. 8 Tipos de Reingeniería de procesos que una compañía puede emprender.



Fuente: Adaptado de (Johansson, McHugh, Pendlebury, & Hheeler III, 2014, pág. 78)

1.1.5 Las diez claves del cambio

Para emprender el camino hacia la Reingeniería de procesos, es fundamental estar dispuestos a "Romper la Vajilla". Frase utilizada desde hace muchos años en el mundo de los negocios, la cual significa dejar los paradigmas e ideas anticuadas que no generen valor. Estar dispuesto a contemplar nuevas estrategias e ideología para comprender los nuevos cambios que la tecnología, los monopolios y la globalización han generado en la actualidad.

Como (Grouard & Meston, 1996) lo manifiestan en su libro, la capacidad que tiene una empresa para adaptarse y superar el cambio es de vital importancia para tener éxito al implementar la Reingeniería de procesos. Esto se muestra en la *Figura 1.9*.

Figura 1. 9 Las diez claves del cambio, método de gestión de procesos.

Las diez claves del cambio	
Clave 1: “Definir la visión”	Será ella la que guiará continuamente y servirá de referencias durante toda la puesta en marcha. (...) Debe descansar sobre el conocimiento profundo de la empresa y su entorno.
Clave 2: “Movilizar”	La ruptura necesaria es creada a partir del análisis de la situación existente y de la puesta en evidencia de las desviaciones respecto de la visión.
Clave 3: “Catalizar”	Trata de la organización que deberá mantenerse para animar y gestionar el cambio.
Clave 4: “Conducir”	Representa el sistema que permite asegurar que el cambio toma el camino deseado, prever las disfunciones y las desviaciones y orientar eficazmente los esfuerzos.
Clave 5: “Materializar”	Se ocupa de la realización del cambio. Descansa sobre un proceso que refuerza las movilizaciones y que permite a cada uno comprender cómo puede participar concretamente en el cambio.
Clave 6: “Hacer participar”	La participación de todo el personal es indispensable para la materialización del cambio (principio de universalidad)
La clave 7: “Gestionar los aspectos emocionales”	Trata de aportar una respuesta, a nivel emocional, a la aparente contradicción entre la resistencia al cambio y los bloques mentales de los individuos.
Clave 8: “Gestionar las relaciones de poder”	El cambio provoca frecuentemente una modificación de la distribución del poder en la empresa.
Clave 9: “Formar e instruir”	El cambio requiere la adquisición e integración de competencias nuevas, pero también de comportamientos y de modos de pensar nuevos.
Clave 10: “Comunicar intensamente”	Durante todo el proceso de cambio, la comunicación debe ser extremadamente intensa en toda la empresa.

Fuente: Adaptado de (Grouard & Meston, 1996, págs. 42-46)

Sera necesario crear cambios individúales y colectivos para transformar un proceso, se dejarán los malos hábitos y se adoptara una nueva forma de realizar el trabajo. A nivel colectivo, será más complicado debido a que se involucran más personas, y la idea puede disgustar o parecer autoritaria.

Para que pueda acoplarse y ser aceptada esta nueva ideología de trabajo, será necesario plasmarla de manera organizada. Todos deben comprenderla y comprometerse a cumplirla, para generar resultados. Véase Figura 1.10

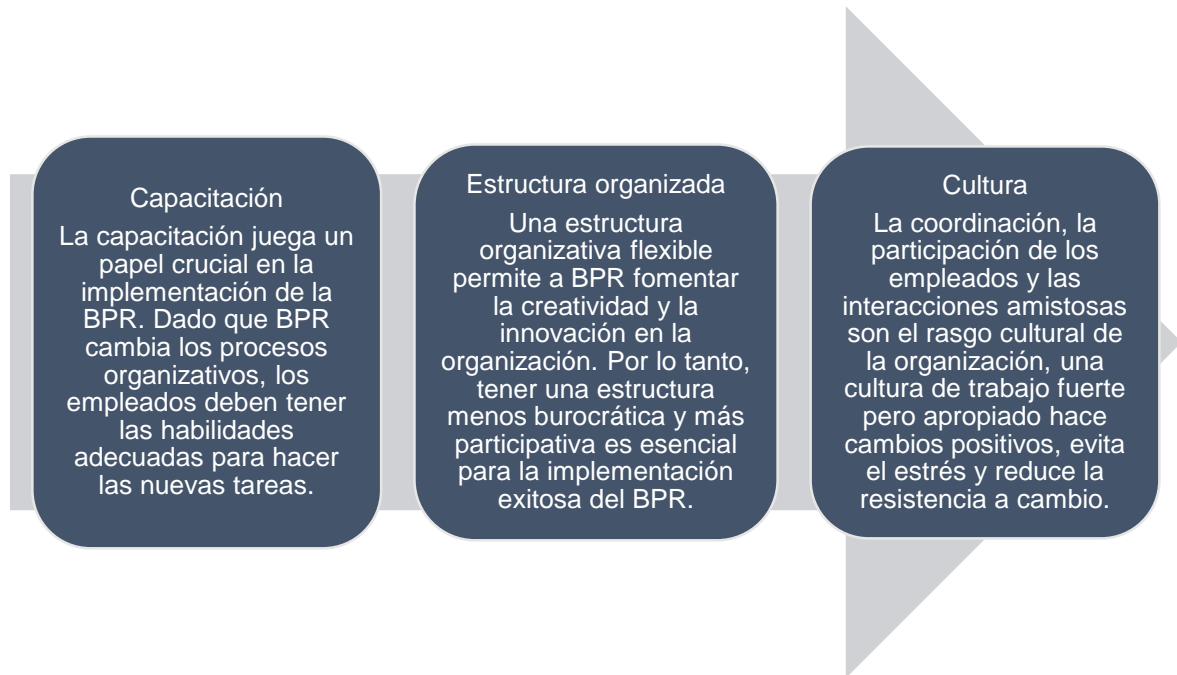
Figura 1. 10 Conceptos fundamentales de la Reingeniería de Procesos, para su aplicación.



Fuente: Adaptado de (Meston & Grouard, 1996, págs. 40-41) Las diez claves del cambio en el método para gestionar procesos, poseen cada una de las cuatro características que se modelan.

Es relevante mencionar que no basta una buena actitud y habilidades adecuadas del empleado para realizar una tarea eficientemente. Como lo muestra la *Figura 1.11* Figura 1. 11. La capacitación, una estructura organizada y las interacciones amistosas juegan un papel fundamental para la Reingeniería de procesos. (Pattanaayak & Roy, 2015)

Figura 1. 11 Factores críticos de éxito para la implementación de BPR.



Fuente: Adaptado de (Pattanaayak & Roy, 2015, págs. 474-475)

1.2 Innovación tecnológica

La Innovación tecnológica sin duda es esencial para que una organización, empresa o negocio, pueda posicionarse en el mercado actual y no quede rezagado por los competidores y los avances tecnológicos.

Es necesario para quien lidera dicha entidad comprenda, que no solo debe apoyarse con las herramientas de Mejora continua para lograr el éxito. Crear pequeñas y constantes mejoras de un proceso por un largo periodo de tiempo, puede volverlo obsoleto, aunque hayas logrado el proceso más eficiente del momento.

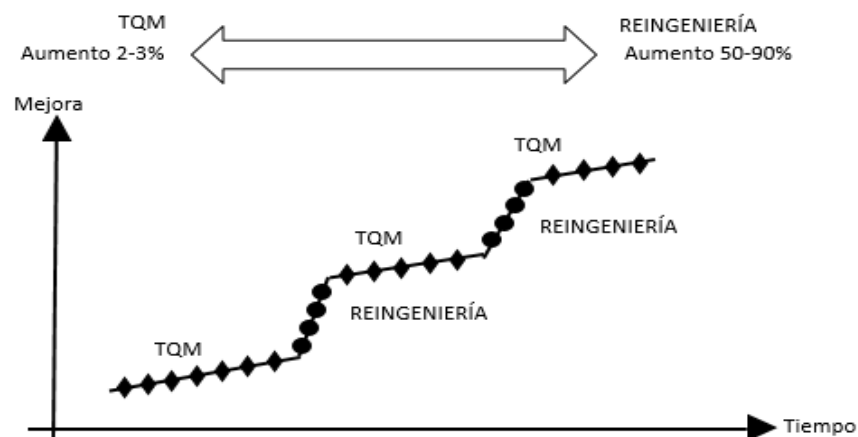
Cito a continuación lo que el autor plasma en su obra, declarado por el profesor *Nicholas Negroponte*, del *Massachusetts Institute of Technology (MIT)* en (Barba, 2011) enfatizar la relación y medida entre, la innovación y la mejora continua:

El incrementalismo es el peor enemigo de la innovación”

Un ejemplo que le daría la razón fue la política de incrementalismo seguida por Sony hace una década, que consistió en innovar continuamente en aparatos de televisión de tubos de rayos catódicos. Fue una decisión errónea. Sony debió haber sido pionera en la fabricación y aplicación de LCD (...). Sin embargo, logro la perfección Six Sigma y la máxima productividad (Lean) en los displays (TRC) que quedaron obsoletos, lo derivó en la pérdida de cuota de mercado frente a Samsung y otras empresas.

En la *Figura 1.12*, se implementan filosofías de mejora como la Administración de Calidad Total (TQM) para crear empresas sustentables, con la estabilidad necesaria para ser capaces de generar cambios importantes en sus procesos de planificación, organización, ejecución o control. Aprovechando a su favor los factores internos y externos que incluyan en su funcionamiento.

Figura 1.12 TQM y la interrelación con la Reingeniería para una organización.



Fuente: Adaptado de (Ionica, Leba, & Corbu, 2013, pág. 348)

1.2.1 Definición de Innovación tecnológica

La Innovación tecnológica se define como la implementación de un producto (bien o servicio) nuevo o con mejoras significativas, o como un proceso, un método de comercialización, o un método organizacional nuevo en una práctica empresarial, organización de trabajo o en relaciones externas. (Tecnológico, 2012)

Por otra parte, tiene como fin la obtención de nuevos productos, artefactos o procesos, para su utilización por la sociedad. Cuando uno de estos objetivos es presentado y aceptado por el mercado, alcanzando una plena realización práctica, industrial y comercial. (Cegarra, 2011)

(Innovación C. I., 2011), refiere a la innovación en tres entornos:

- Para los consumidores, la innovación se traduce en mejores productos y servicios, en términos de calidad, diseño, precio y eficiencia.
- Para las empresas, la innovación trae como resultado una mayor rentabilidad derivada de la posibilidad de diseñar y producir nuevos o mejores bienes y servicios o de utilizar técnicas productivas más eficientes que las de sus competidores.
- Para la sociedad, la innovación genera nuevo conocimiento y soluciones a problemas relacionados con la salud, el medio ambiente, la pobreza, la seguridad, entre otros.

Por lo antes expuesto, concluyo y defino a la Innovación tecnológica como:

Una serie de procesos tecnológicos que tienen como finalidad mejorar la producción, eficiencia, calidad y servicios de una empresa u organización. Dando pie, a la creación de nuevos productos, bienes y servicios que beneficien a la sociedad.

Brindan una estabilidad económica y operacional, mediante la implementación de nueva tecnología. Además, genera una brecha para regir y conducir el mercado.

1.2.2 Implementación de la innovación tecnológica

Como ya se ha mencionado anteriormente, en la actualidad es fundamental implementar la Innovación tecnológica. Sin duda, es inevitable que la ciencia y la tecnología avancen día con día, esto origina en conjunto con muchos otros factores, que las micro, pequeñas, medianas y grandes empresas busquen la vanguardia tecnológica como les sea posible, para mantenerse en el mercado.

Cabe mencionar y enfatizar que un problema generalizado entre las micro, pequeñas y medianas empresas (Pymes) es su escasa capacidad para ofrecer productos o servicios diferenciados e innovadores debido, a la falta de vinculación con las instituciones de educación. (Mendoza León & Valenzuela Valenzuela, 2013).

Las empresas podrán considerarse innovadoras, cuando realizan la implementación de alguna mejora a sus productos, a sus procesos, la comercialización o mejorar algún método organizacional. Como se puede observar en la *Figura 1.13*, el impacto económico de estas innovaciones dependerá de cómo se adopten por parte de las empresas.

Figura 1.13 Tipos de innovación, implementados en la empresa mediante su criterio.



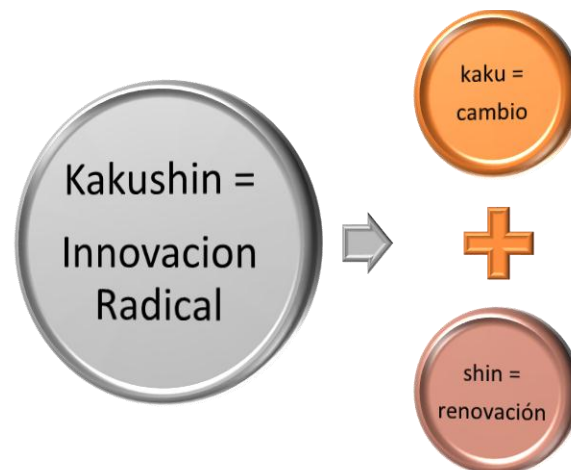
Fuente: Adaptada de (Tecnológico, 2012, pág. 37)

1.2.3 La innovación radical (*Kakushin*)

Como lo expresa (Barba, 2011) en su libro, el *Kaisen* pretende mejorar las prestaciones de los productos elevando gradualmente el nivel del producto hasta que se convierta en el estándar del sector, en espera de que aparezca en el futuro un *Kakushin* (Véase *Figura 1.14*), es decir, una innovación radical.

El cambio radical no sería posible si no existe una estabilidad en la empresa u organización que pretende realizarlo. Es por este motivo y hago énfasis que la intervención del *Kaisen* y otras filosofías de mejora continua son cruciales para evitar que el producto innovador se deteriore o sea imitado, perdiendo sus ventajas competitivas.

Figura 1.14 Kakushin y los Kanjis de los que se deriva su significado.

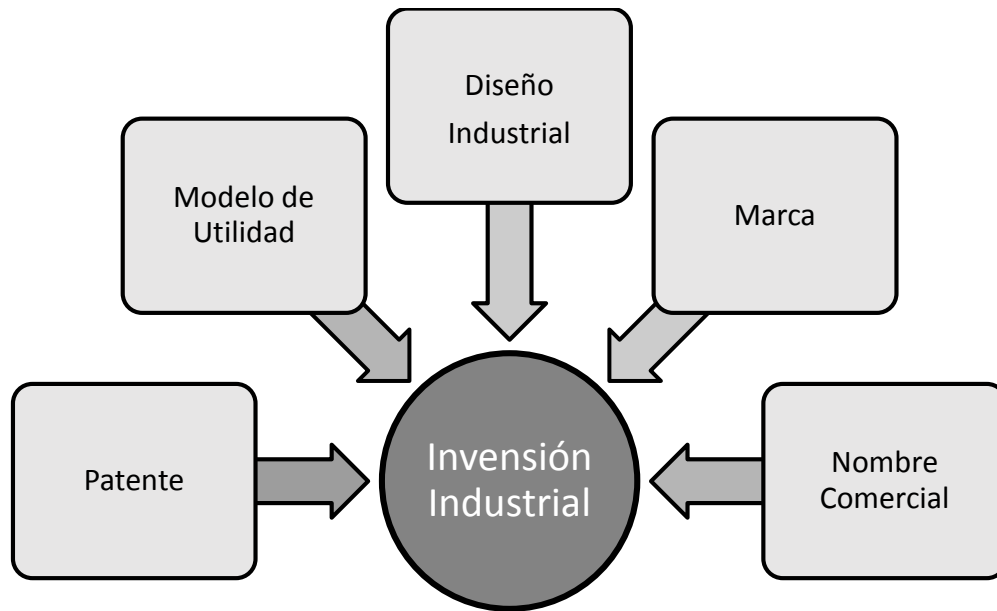


Fuente: Adaptado de (Barba, 2011, pág. 101) La denominada innovación radical, tiene un riesgo alto. Tendrá muchas inversiones y conceptos específicos que si no son bien recibidos por el mercado se convertirán en pérdidas al no poder recuperar la inversión en la innovación.

Para poder salvaguardar alguna innovación o conocimiento, que se haya generado después o durante la mejora radical, es conveniente saber acerca de la protección de la I+D+i (Investigación, Desarrollo e Innovación) y la Transferencia tecnológica.

Como lo plantea (Innovación C. E., 2013) en su libro, (Véase *Figura 1.15*) aquellos tipos de concesiones de derechos en exclusiva sobre la explotación de un conjunto de conocimiento y símbolos durante cierto tiempo.

Figura 1.15 Tipología de la protección industrial.



Fuente: Adaptado de (Innovación C. E., 2013, pág. 58)

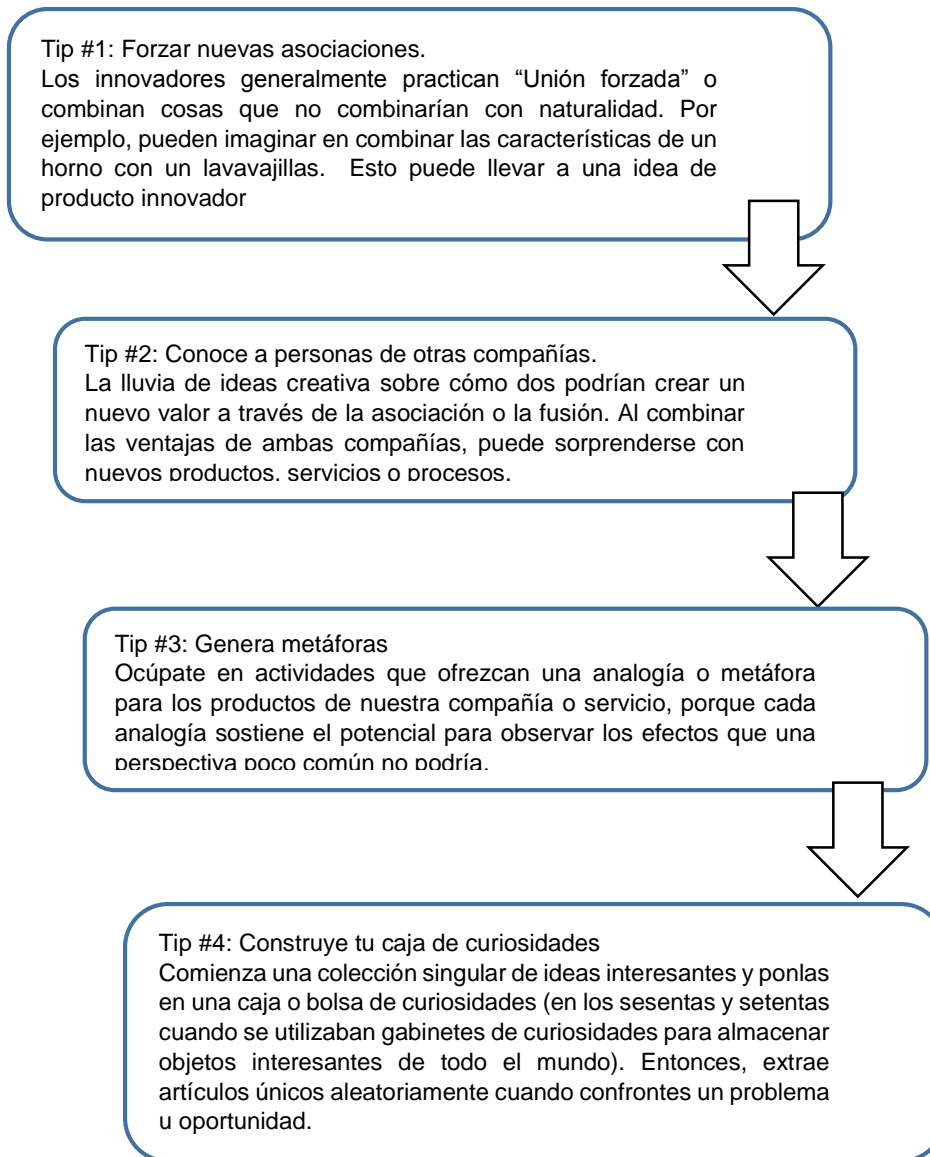
1.2.4 Fortalecimiento para el desarrollo de habilidades de asociación

El personal es fundamental para la Reingeniería de procesos, sin el trabajo en equipo no se podrían lograr los resultados. Una mentalidad preparada y optimista, puede hacer la diferencia, por lo que se expondrá lo que menciona (Day. D., 2012) Para generar una mentalidad de liderazgo y poder observar las oportunidades cuando se presentan.

Los rasgos de personalidad e individualismo son tratados regularmente constituidos por propiedades globales de las personas, en el que es estable para cada persona, invariable y sin cambios a través del tiempo y contexto (...) Además, cuando aplicas el liderazgo, implica una importante perspectiva en donde un líder no sería capaz de influenciar la “construcción” de la personalidad en otros, no sería capaz de cambiar su propia personalidad. La personalidad, en cambio, es vista como una causa fundamental de las actitudes de un líder.

Para desarrollar estas habilidades que se ilustran en la *Figura 1.16* que ayudan a generar ideas creativas y potencialmente exitosas, es necesario practicar y fortalecer las capacidades de pensar para entrelazar conexiones inesperadas.

Figura 1.16 Tips para desarrollar habilidades de asociación.



Fuente: Adaptado y traducido de (Dyer, Gregersen, & Christensen, 2011, págs. 59-62)

1.3 Sistema de innovación agrícola

El presente trabajo de investigación fomenta el cultivo de plantas comestibles y medicinales, la innovación desempeña un papel importante para la agricultura y las empresas rurales que se dedican a cultivar y producir productos agrícolas para la alimentación de toda la población de México.

La agricultura proporciona empleo a alrededor de 13% de la fuerza de trabajo, lo que representa unos 3.3 millones de agricultores y 4.6 millones de trabajadores asalariados y familiares no remunerados. De mayor relevancia aún para el desarrollo territorial es el hecho de que aproximadamente 24% de la población total vive en las zonas rurales. (McMahon, Valdés, Cahill, & ankowska, 2011)

La *Figura 1.17*, muestra los ámbitos en que la innovación está presente, destacando el sector agrícola que será en el que se concentre la presente investigación. Mostrando como ha influido la innovación al pasar del tiempo en un sector tan importante para el país.

Figura 1.17 Dinámica del sistema de innovación.

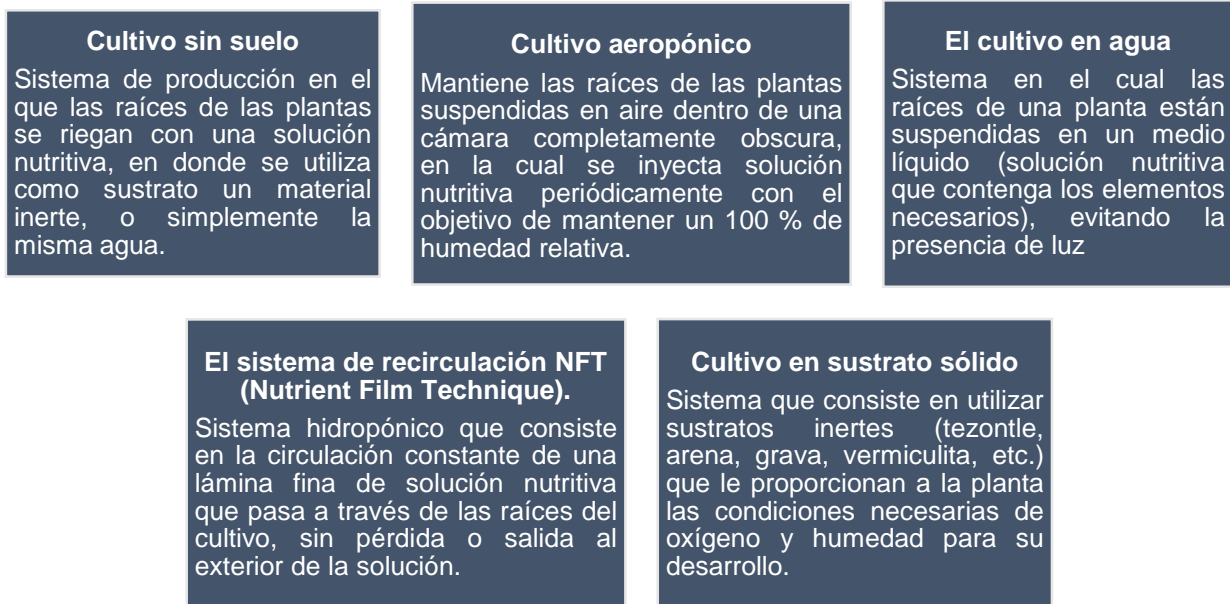


Fuente: (Agricultura, 2014, pág. 13) Ambiente de Políticas y regulatorio.

1.4 Métodos de cultivo

A continuación, en la *Figura 1.18* se muestran algunos de los nuevos métodos de cultivo, los cuales se fundamentan en un sistema automatizado de riego. En donde, las raíces suspendidas son enriquecidas con nutrientes y otros elementos necesarios para su desarrollo.

Figura 1.18 Métodos de cultivo.



Fuente: Adaptado de (Tlahque, 2011, págs. 4-20)

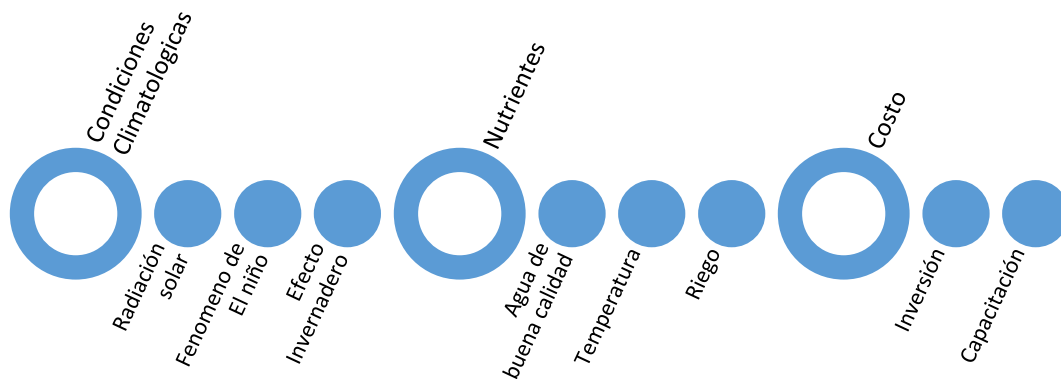
El éxito de este sistema de explotación depende del manejo que se haga de las soluciones nutritivas, ya que es determinante la aireación de las raíces, por lo que, del drenaje, sistema de circulación de aire, el tipo de planta y la clase de sustrato, depende la frecuencia de los riegos.

1.4.1 Variables que afectan un cultivo

La agricultura tradicional fueron los conocimientos, técnicas y prácticas indígenas, orientadas a la producción de granos y hortalizas. Consiste en la preparación de la tierra para sembrar la semilla del producto, brindando el cuidado necesario y así recolectar la semilla, fruto, flor o propio cultivo. (Pérez, López, & Romero, 2016)

Sin embargo, con el pasar del tiempo se han mejorado los métodos de cultivo, implementando las mejoras tecnológicas y métodos automatizados eficientes para la construcción de invernaderos. (Véase *Figura 1.19*). Y así, poder controlar las variables que contribuyen a la producción de cosechas de calidad en cortos periodos de tiempo

Figura 1.19 Variables que afectan un cultivo.



Fuente: Adaptado de (Pérez, López, & Romero, 2016, págs. 19-21)

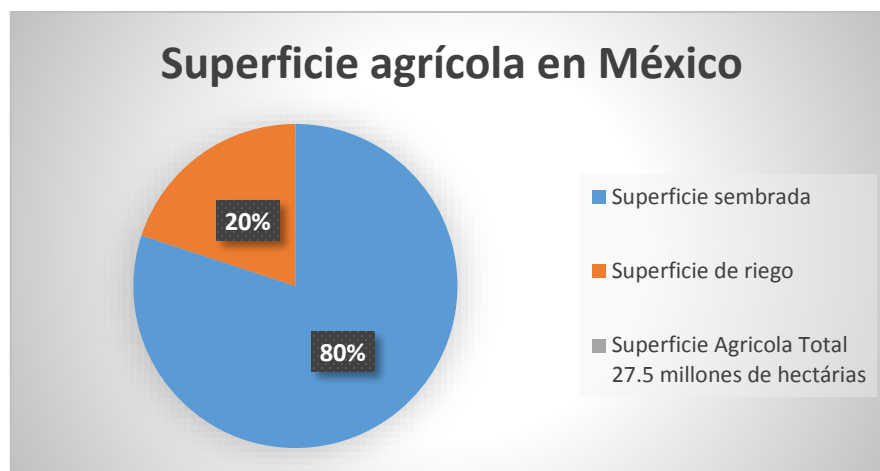
Con estos nuevos métodos de cultivo no sólo es posible producir con altos rendimientos, sino que también, contribuye en mayor o menor grado, al restablecimiento del suelo, lo que es sumamente esencial desde el punto de vista ecológico y económico. (Valencia, 2016, pág. 4)

1.4.2 Métodos de cultivo en México

México cuenta con zonas con alto potencial para la producción de plantas aromáticas y medicinales, su creciente demanda las ha convertido en productos de mercado rentable y en expansión, además representan una alternativa económica a los cultivos tradicionales. (Juarez, Aguilar, Bugarin, & Otros, 2012). (Véase *Figura 1.20*). El conocimiento de las necesidades y las exigencias de los cultivos teniendo en cuenta su uso por el hombre, hace que esta herramienta se transforme en un elemento con un cierto grado de complejidad, para su manejo con eficiencia. (Beltrano & Gimenez, 2015, pág. 25)

La Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (SAGARPA) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), dan a conocer los resultados de la encuesta nacional agropecuaria 2015.

Figura 1.20 Superficie agrícola en México.



Fuente: Adaptado de (INEGI, 2015, pág. 5)

En las regiones áridas del mundo, como México y el medio este, donde el suministro de agua fresca está limitado, se desarrollándose complejos hidropónicos combinados con unidades de desalinización para usar agua del mar como una fuente alternativa. (Beltrano & Gimenez, 2015, pág. 27) (Véase Figura 1.21).

Figura 1.21 Tipos de irrigación utilizados.

Tipo de irrigación utilizado	Porcentaje	
	ENA 2012	ENA 2014
Riego por gravedad o rodado	72.2%	77.7%
Microaspersión	2.4%	5.0%
Aspersión	8.5%	12.3%
Goteo	9.7%	8.8%
Otro sistema no especificado*	14.1%	5.1%

ENA 2014	
Mediante canales revestidos	49.5%
Mediante canales de tierra	71.9%
Mediante tubería de compuerta	2.9%

Fuente: Encuesta Nacional Agropecuaria 2014 (INEGI, 2015, pág. 7)

1.5 Beneficios del consumo de productos naturales

Las plantas medicinales contienen sustancias químicas que se conocen como principios activos; éstos ejercen una acción farmacológica beneficiosa o perjudicial sobre el organismo vivo. (Restrepo & Otros, 2013) (Véase Figura 1.22).

Si se quiere tener una participación eficaz en el mercado nacional e internacional de plantas comestibles y medicinales, es necesario abordar el paradigma de la calidad. (Restrepo & Otros, 2013).

Debido a estos beneficios las plantas comestibles y medicinales, se pueden utilizar para diversas aplicaciones. Que pueden optimizar la salud integral y prevenir enfermedades, (Magdalena, 2015) sintetiza sus usos en su obra.

Figura 1.22 Aplicación de las plantas comestibles y medicinales.

Fitoterapia ■	Homeopatía ■
■ Se basa en la utilización de agentes activos procedentes de las plantas medicinales	Las enfermedades parecidas se curan con remedios naturistas.
Aromaterapia ■	Medicina ■
■ Implica de aplicación terapéutica de aceites etéricos que se obtienen mediante la destilación de las plantas por vapor de agua	Las plantas medicinales tienen un sinnúmero de virtudes medicinales. Muchas son ricas en minerales y en vitaminas
En la cocina ■	Otros usos ■
■ Se utilizan a menudo las hojas, como el perejil o el laurel.	Tienen otros usos como la cosmetología. Fabricaciones de licores o de aperitivos mata polillas o antimosquitos.

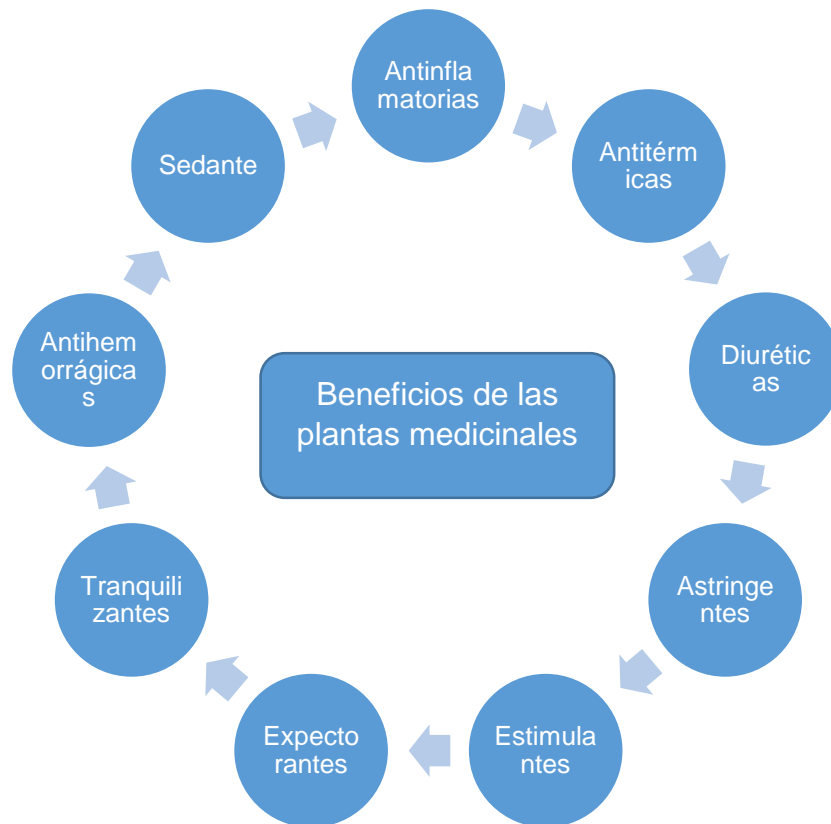
Fuente: Adaptado de (Magdalena, 2015, págs. 10-11)

En la actualidad hay diferencia ideológica en las creencias de la medicina tradicional, (Escamilla Pérez & Moreno Casasola, 2015), expresa:

Actualmente la medicina tradicional es un recurso fundamental para la salud humana. Las plantas y árboles empleados son la base para el desarrollo de la medicina moderna, y en algunas zonas rurales e indígenas, son el único recurso del que disponen a falta de instituciones médicas y recursos monetarios para la adquisición de medicina moderna.

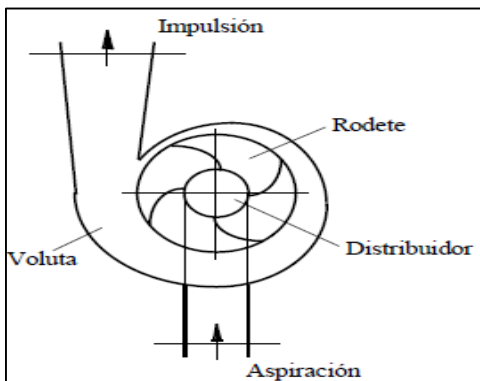
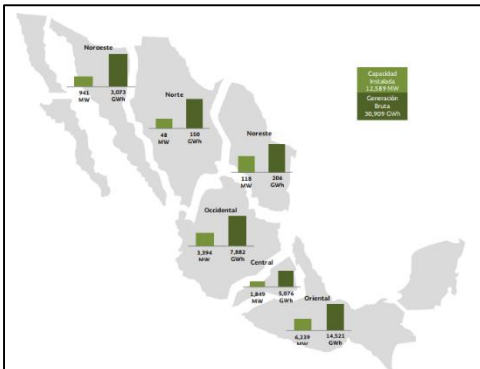
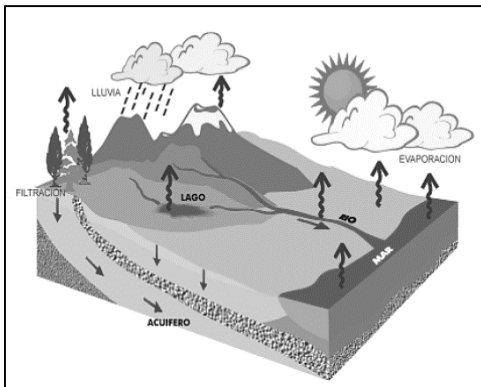
Con lo antes mencionado se plasman algunos de los beneficios que las plantas comestibles y medicinales que se pueden obtener se muestran en la *Figura 1.23*. Estas propiedades se han demostrado científicamente durante la historia del hombre, ya que fueron utilizadas durante siglos debido a sus beneficios y características nutrimentales que poseen.

Figura 1.23 Beneficios de las plantas medicinales.



Fuente: Adaptado de (Chávez, 2016, págs. 29-30)

CAPÍTULO II: MARCO CONCEPTUAL



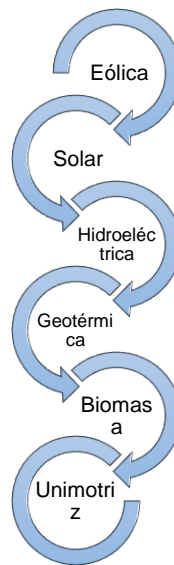
Es fundamental definir ¿a dónde se quiere llegar?,
¿en qué circunstancias te encuentras? y sobre todo
estar dispuesto a cambiar una mentalidad anticuada,
para que puedas alcanzar el éxito.

(Johansson, McHugh, Pendlebury, & Hheeler III, 2014)

2.1 Energía renovable

Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales. (Véase *Figura 2.1*) (Cortes, 2016) Entre las energías renovables se encuentran las siguientes:

Figura 2.1 Tipos de energía renovable



Fuente: Adaptado de (Cortes, 2016, pág. 49)

Las energías de fuentes renovables contaminantes tienen el mismo problema que la energía producida por combustibles fósiles: en la combustión emiten dióxido de carbono, gas de efecto invernadero, y a menudo son aún más contaminantes puesto que la combustión no es tan limpia, emitiendo hollines y otras partículas sólidas. (Suárez, 2015, pág. 37) Por lo que es de vital importancia desarrollar la tecnología y capacitación adecuada para su implementación.

Sin embargo, destaco lo que (García L. S., 2016, pág. 15) menciona en su trabajo de investigación expresando que las barreras para abastecer el consumo energético a nivel mundial (ya sea para generación eléctrica, transporte, calefacción/refrigeración,

etcétera) con fuentes de energía renovables, son principalmente de carácter social y político, no económicas o tecnológicas.

Debido al calentamiento global y a que los recursos de combustibles fósiles son limitados y algún día se agotarán, es importante tomar en cuenta a las fuentes renovables de energía como una opción sería para ayudar a resolver este problema y al mismo tiempo proporcionar beneficios a la red del Sistema Eléctrico y a los usuarios.

Es importante considerar las energías renovables para el desarrollo del país puesto que implican:

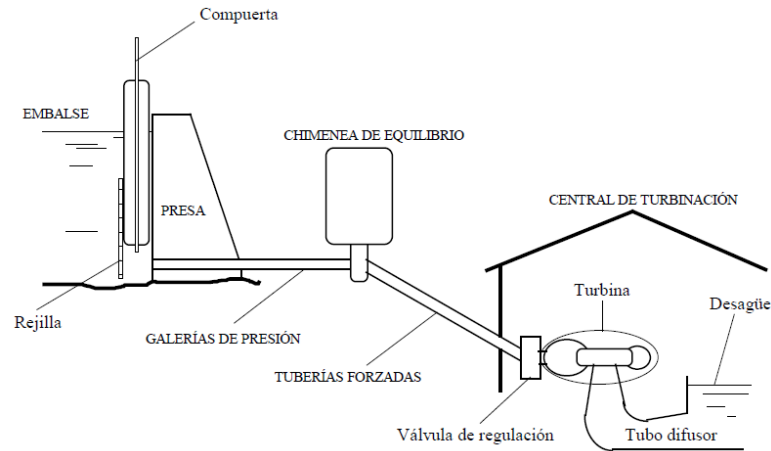
- Menor dependencia de los combustibles fósiles, que han tenido un incremento notable en sus precios durante la última década, y por lo tanto mayor soberanía energética.
- Mayor diversidad energética.
- Disminución en las emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂, NO_x, CH₄, O₃, CFC).
- Mejor aprovechamiento de los recursos naturales con el uso de recursos limpios e inagotables.
- Impulso al desarrollo tecnológico. (Velázquez P. S., 2010, pág. 9)

2.1.1 Energía hidráulica

Dentro del término general de Energía Hidráulica, es decir de energía relacionada con el agua (del griego ὑδωρ → hydor → hidro) se agrupan distintos conceptos que conviene distinguir; (Véase la *Figura 2.2*). Aludiendo al autor (Zamora & Viedma, 2016, págs. 9-10) , la distinción de dichos conceptos deriva en las entradas y salidas de los volúmenes de agua, la energía aprovechada, los recursos energéticos empleados y la potencia generada.

Es una de las principales fuentes de energía de tipo renovable. En los últimos tiempos, se ha orientado hacia la llamada “energía minihidráulica”, cuando se trata de aprovechar saltos pequeños (potencias extraídas inferiores a 10.000 kW), e incluso microhidráulica (potencias del orden de kilowatios). (Zamora & Viedma, 2016, pág. 12)

Figura 2.2 Disposición típica de los distintos elementos hidráulicos presentes en una central hidroeléctrica clásica.



Fuente: (Zamora & Viedma, 2016, pág. 12)

De modo resumido como lo muestra la *Tabla 2.1*, se tratan algo más en detalle algunas de estas tipologías. En primer lugar, con respecto a su asentamiento y morfología, pueden distinguirse los siguientes tipos:

Tabla 2.1 Clasificación de las centrales Hidroeléctricas con respecto a su asentamiento y morfología.

Clasificación de las centrales Hidroeléctricas con respecto a su asentamiento	
Centrales de agua fluente	El agua llega por el cauce normal de un río, no existiendo por tanto almacenamiento de agua. No cuentan prácticamente con reserva de agua, oscilando el caudal suministrado en función del caudal que lleva el río.
Centrales de agua embalsada	En las que el agua llega convenientemente regulada desde un lago, o un pantano artificial (embalse) conseguido mediante la construcción de una presa. La disposición habitual de la turbina es lo más cercana posible a la base de la presa; en este caso, se llaman centrales a pie de presa.
Centrales de regulación	Prestan un gran servicio en situaciones de bajos caudales, regulándose éstos convenientemente para la producción. Se adaptan muy bien para cubrir las horas punta de consumo.
Centrales de bombeo	Estas centrales acumulan volúmenes de agua mediante bombeo, por lo que su funcionamiento puede compararse a un "acumulador" de energía potencial.

Centrales integradas en redes de agua	Son normalmente centrales de tamaño reducido, y están tomando especial relevancia en el mundo de la energía minihidráulica.
---------------------------------------	---

Fuente: Adaptado de (Zamora & Viedma, 2016)

Pueden instalarse en los sistemas de alimentación de agua potable, en los sistemas de depuración de aguas residuales, o en los canales de irrigación (riego). En el caso de los sistemas de reparto de agua potable, por ejemplo, la turbina se interpone entre el depósito y la instalación de tratamiento previa al abastecimiento de agua. De esta manera, la necesaria reducción de presión que se efectuaba mediante válvulas de regulación, la realiza ahora la turbina, consiguiendo de este modo una energía aprovechable. (Zamora & Viedma, 2016)

En relación con la altura de salto de agua existente mostrada en la *Tabla 2.2*, a modo orientativo, se tienen las siguientes:

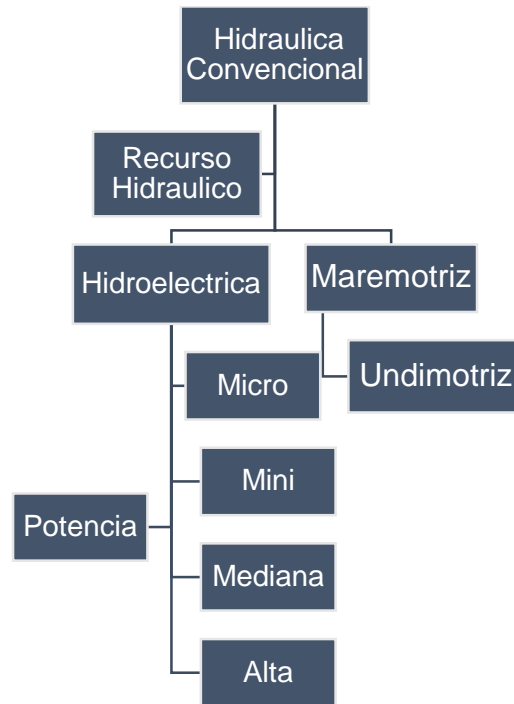
Tabla 2.2 Clasificación de las centrales Hidroeléctricas con respecto a la altura de salto.

Clasificación de las centrales Hidroeléctricas con relación a la altura del salto.	
Centrales de alta presión	Aprovechan saltos superiores a los 200 m, siendo los caudales relativamente pequeños (alrededor de los 20 m ³ /s por máquina). Se utilizan turbinas tipos Pelton y Francis, que reciben el agua normalmente a través de conducciones de gran longitud.
Centrales de media presión	Aprovechan saltos entre 20 y 200 m aproximadamente, desaguando caudales de hasta 200 m ³ /s por turbina. Las turbinas utilizadas son preferentemente de tipos Francis y Kaplan.
Centrales de baja presión	El salto hidráulico es inferior a los 20 m, siendo los caudales por máquina de hasta 300 m ³ /s. Para estas alturas y caudales, son recomendadas sobre todo las turbinas Kaplan (si el salto es muy pequeño, se utilizan casi exclusivamente las turbinas tubulares o de bulbo), aunque también se montan las de tipo Francis.

Fuente: Adaptado de (Zamora & Viedma, 2016, pág. 232)

La denominación se asocia entonces a la obtención de energía mecánica en un sistema rodete-eje, aprovechada en un generador. Es la conocida como Energía Hidráulica Convencional. Existen dos formas básicas de aprovechamiento de la energía hidráulica convencional. Las cuales son sintetizadas en la *Figura 2.3*

Figura 2.3 Conceptos derivados de la energía Hidráulica



Fuente: Adaptado de (Zamora & Viedma, 2016)

La primera es la interceptación de la corriente a través de una presa, lo que da lugar a las clásicas centrales a pie de presa. La segunda es la desviación de la corriente fluida, lo que origina las llamadas centrales en derivación o en ocasiones centrales fluyentes. Se ha incorporado en los últimos años un tercer tipo, consistente en la interceptación de la corriente en sistemas de redes de agua. (Zamora & Viedma, 2016, pág. 11)

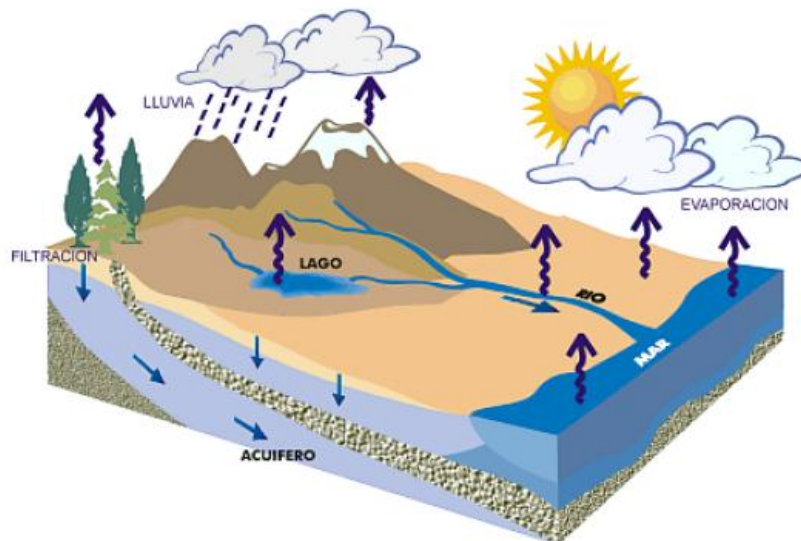
Puede asociarse la diferencia entre centrales micro o mini y centrales de mediana o alta potencia mediante el umbral de potencia entregada.

- Micro-centrales, centrales cuya potencia es inferior a 1MW.
- Mini-centrales, centrales con potencias inferiores a los 10MW.
- Centrales hidráulicas de mediana potencia: centrales con potencias comprendidas entre 10 y 50MW.
- Centrales hidráulicas de gran potencia: centrales de potencia superiores a los 50MW. (Jutglar, Miranda, & Villarubia, 2011, pág. 473)

La Energía Hidráulica podría definirse en realidad de un modo más genérico, si tenemos en cuenta que son posibles diferentes modos de aprovechamiento de la energía de una masa de agua: potencial, cinética, de agitación (olas, ondas), térmica (Zamora & Viedma, 2016, pág. 12) Debido a este concepto, surge la energía Maremotriz y Undimotriz como una alternativa de generación eléctrica mediante el uso de la Hidráulica Convencional.

La Energía Hidráulica es por supuesto una energía renovable, puesto que aprovecha un recurso, el hidráulico, en un ciclo inagotable. El recurso hidráulico procede del Sol; efectivamente, nuestro astro da lugar al llamado ciclo hidrológico (Véase Figura 2.4), así como a otros tipos de movimientos de gran escala, como las mareas, que pueden ser aprovechados en las centrales mareomotrices. (Zamora & Viedma, 2016, pág. 12)

Figura 2.4 Comportamiento del Recurso Hidráulico.



Fuente: Recuperado de (Hadzich, 2013)

La energía mareomotriz se define como aquella energía renovable que aprovecha el movimiento que se produce en el agua debido al viento y a las fuerzas gravitacionales que ejercen el Sol y la Luna y que provoca mareas

Otras formas de extraer energía del mar son: las olas, la energía undimotriz; de la diferencia de temperatura entre la superficie y las aguas profundas del océano, el gradiente térmico oceánico. (Garfias, Vite, & Vargas, 2017, pág. 3)

La construcción de grandes presas (Véase Tabla 2.3) con lleva importantes impactos sociales sobre la población de los alrededores. El enorme tamaño de los embalses como el de las Tres Gargantas en China, James Bay en Canadá y Narmada en India.

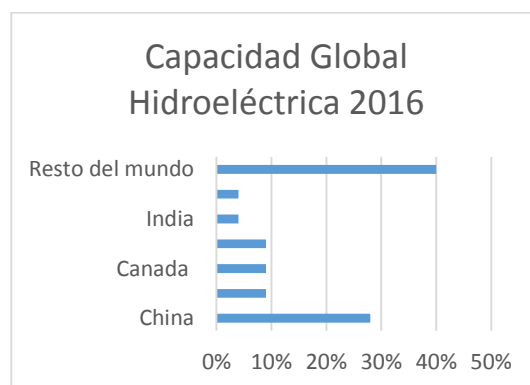
Tabla 2.3: Centrales Hidroeléctricas más grandes del mundo.

	Nombre	País	Potencia (MW)
1	Presa de las tres gargantas	China	24.000
2	Itaipú	Brasil, Paraguay	14.000
3	Simón Bolívar	Venezuela	10.200
4	Tucurui	Brasil	8.370
5	Grand Coulee	Estados Unidos	6.809
6	Sayano-Shushenskaya	Rusia	6.400
7	Longtan	China	6.300
8	Krasnoyarsk	Rusia	6.000
9	Robert Borurassa	Canada	5.616
10	Churchill Falls	Canada	5.429

Fuente: (Folgueiras, 2012)

Entre las grandes centrales hidroeléctricas merece destacarse, en primer lugar, el complejo megaproyecto de la presa de las Tres Gargantas (Véase Figura 2.5), finalizado el 30 de octubre de 2010, que tiene 24.000 MW de capacidad instalados. (Folgueiras, 2012).

Figura 2.5: Capacidad global Hidroeléctrica, Top 6 y Resto del Mundo, 2016.

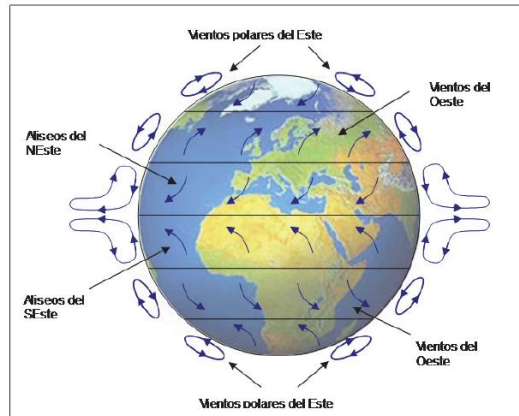


Fuente: Elaboración propia según los datos proporcionados por (REN21, 2017, pág. 58)

2.1.2 Energía eólica

El viento se define como el desplazamiento de las masas de aire y está causado por las diferencias de presión atmosférica y por la fuerza de Coriolis derivada del giro de la Tierra sobre su eje. (Véase *Figura 2.6*).

Figura 2.6 Distribución de vientos a escala global.

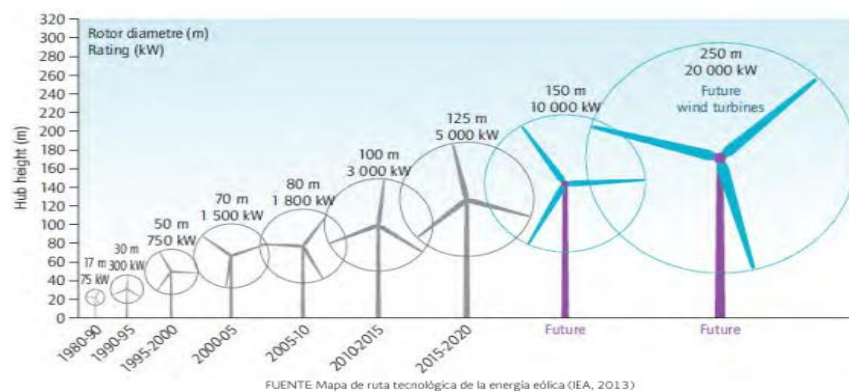


Fuente: (Pardillos, 2017)

Los vientos globales son aquellos que determinan las características del tiempo en el planeta, y se originan por las diferencias de presión y temperatura existentes en todo el mundo y por la fuerza de Coriolis. (Pardillos, 2017, págs. 11-12)

Una tendencia general en el diseño de las turbinas como lo muestra la *Figura 2.7*, ha sido incrementar el alto de la torre, la longitud de las palas y la capacidad de potencia. Las turbinas han crecido en altura y diámetro del rotor en mayor medida que las capacidades de potencia.

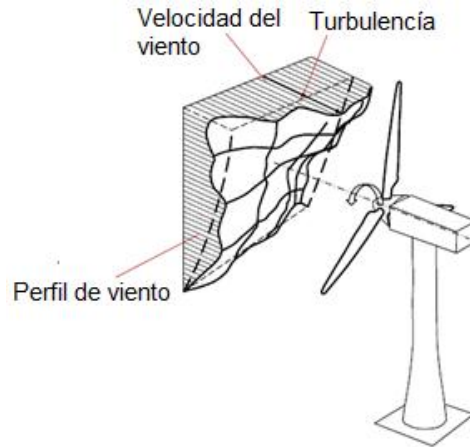
Figura 2.7 Generación de energía eólica



Fuente: Recuperado de (SENER, Mapa de ruta tecnológica energía eólica en tierra, 2017, pág. 23)

La energía mecánica se transmite a la flecha de un generador eléctrico. La cantidad de energía transmitida al rotor depende de la densidad del aire, del área del rotor y de la velocidad del viento. (Cabrera, 2011, págs. 70-71).

Figura 2.8 Variables en la generación de energía eólica



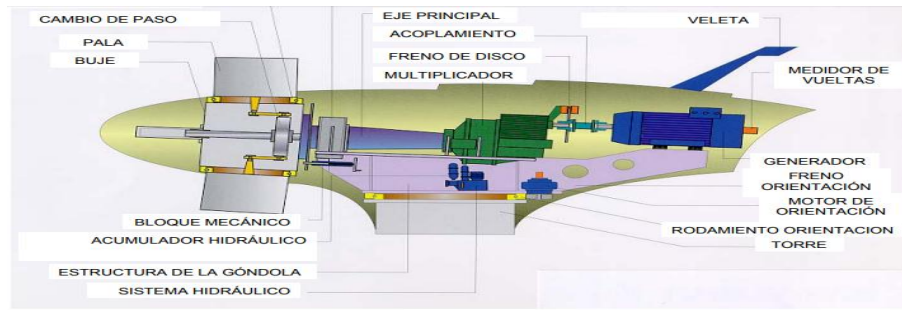
Fuente: Adaptado de (Cabrera, 2011, págs. 70-71)

Las zonas más favorables para la ubicación de proyectos eólicos son las áreas costeras, llanuras interiores abiertas, valles transversales y zonas montañosas donde existe mayor potencial de viento.

La energía eólica tiene su origen en la solar, más específicamente en el calentamiento diferencial de masas de aire por el Sol, ya sea por diferencias de latitud (vientos globales) o el terreno (mar-tierra o vientos locales). Las diferencias de radiación entre distintos puntos de la Tierra generan diversas áreas térmicas y los desequilibrios de temperatura provocan cambios de densidad en las masas de aire que se traducen en variaciones de presión. (Paul, 2013, págs. 36-37)

Los tres principales componentes son mostrados en la *Figura 2.9* para la conversión de energía en una turbina eólica son el rotor, la caja multiplicadora y el generador.

Figura 2.9 Esquema de una turbina de eje horizontal

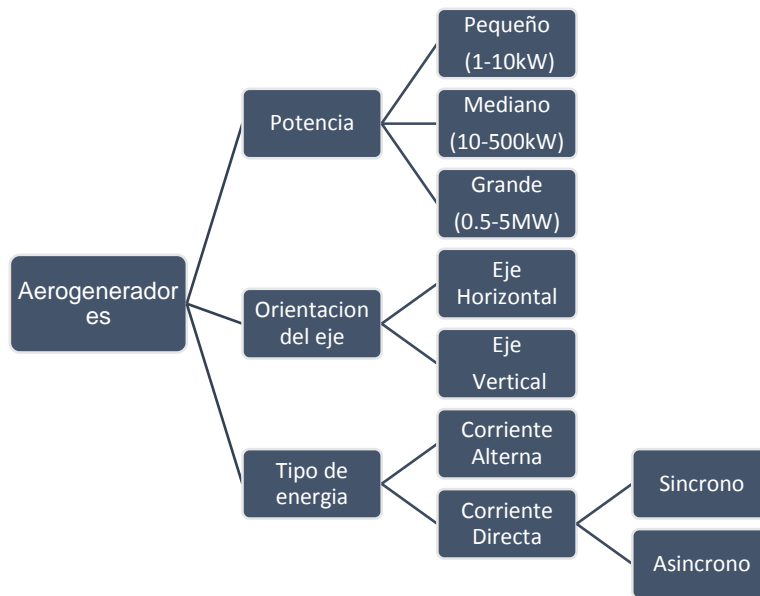


Fuente: Recuperado de (Munguía, 2008, pág. 4)

El rotor, que es donde se localizan las aspas, convierte la energía fluctuante del viento en energía mecánica y es por lo tanto el componente principal del sistema de conversión. El generador absorbe la potencia mecánica mientras la convierte en energía eléctrica que es suministrada a una red eléctrica. La caja de engranes o multiplicadora adapta el rotor a la velocidad del generador. (Velázquez P. S., 2010, págs. 12-13)

Es necesario tener diversos tipos de aerogeneradores (Véase Figura 2.10) que se adecuen a las condiciones particulares de cada lugar y a las necesidades del usuario. Podemos clasificar a los aerogeneradores de la siguiente manera (Velázquez S. L., 2010):

Figura 2.10 Tipos de Aerogeneradores



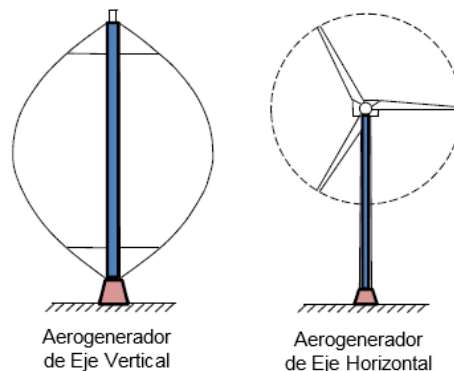
Fuente: Adaptado de (Velázquez S. L., 2010)

Las palas del rotor, la torre y demás componentes de un aerogenerador son diseñadas para durar aproximadamente 20 años, lo que significa que tendrán que soportar más de 170 000 horas operando, a menudo bajo condiciones de tiempo bastante tormentosas. (Cruz, 2016, pág. 20)

Los aerogeneradores de eje vertical con más éxito en el mundo de la energía eólica es el tipo Darrieus (Véase Figura 2.11). La característica más atractiva de este tipo de aerogenerador es que los dispositivos generadores y de transmisión están situados a nivel del suelo. Además, son capaces de capturar el viento de cualquier dirección sin la necesidad de orientarse.

Actualmente, la mayoría de los parques eólicos instalados en el mundo cuentan con aerogeneradores de eje horizontal de tres palas o dos palas. En este tipo de aerogeneradores el rotor está situado en la parte superior de la torre, en donde los vientos tienen más energía y son menos turbulentos, la torre también soporta una góndola. La caja de cambios y el aerogenerador se montan en el inferior. Este tipo de aerogeneradores cuentan con un mecanismo de orientación que hace girar el rotor y la góndola. (Cruz, 2016, pág. 20)

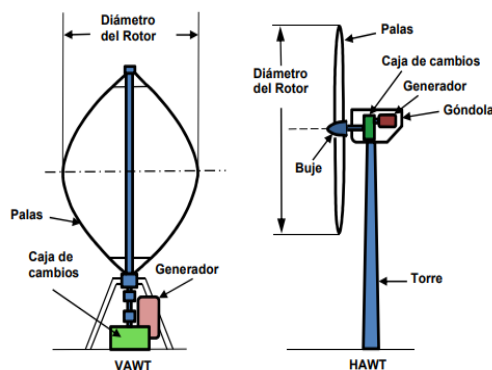
Figura 2.11 Aerogeneradores de eje vertical y horizontal.



Fuente: Adaptado de (Cruz, 2016, pág. 21)

A continuación, se muestra el modelo en la Figura 2.12 y sus principales componentes en aerogeneradores de eje vertical VAWT (Vertical Axis Wind Turbine) y aerogeneradores de eje horizontal HAWT (Horizontal Axis Wind Turbine):

Figura 2.12 Principales componentes en aerogeneradores VAWT y HAWT.



Fuente: Recuperado de (Cruz, 2016, págs. 21-22)

Las palas del rotor, la torre y demás componentes de un aerogenerador son diseñadas para durar aproximadamente 20 años, lo que significa que tendrán que soportar más de 170 000 horas operando, a menudo bajo condiciones de tiempo bastante tormentosas.

Algunas de las ventajas de los generadores de eje vertical y eje horizontal (Véase Tabla 2.4), se presentan a continuación:

Tabla 2.4 Principales ventajas y desventajas de los aerogeneradores VAWT y HAWT.

Eje Horizontal	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Pueden transformar la energía cinética del viento en un 70%. • Pueden ser construidos a mayores escalas. • Pueden utilizar al máximo la fuerza de arrastre variando la aerodinámica de la pala. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requieren flujos de viento constante para un buen desempeño. • Presenta problemas por las fuerzas giroscópicas en el rotor, para cambiar su orientación con la dirección del viento.
Eje Vertical	
<ul style="list-style-type: none"> • Aceptan la dirección del viento en cualquier dirección, por lo que tienen un diseño más simple. • Tienen el generador montado a nivel de piso. • Costos de mantenimiento más bajos. • Bajos niveles de ruido. • Pueden funcionar en condiciones climáticas extremas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vientos lentos/ escasos por estar a nivel de suelo. • Mucho más material por metro cuadrado que las HAWT. • Incapacidad para controlar la potencia entregada por no poder moderar las palas.

Fuente: Adaptado de (Velázquez S. L., 2010, pág. 21)

El desarrollo de la eólica en el mundo continuó a buen ritmo en el año 2016 acabó con una potencia de 486.749 MW, según datos del Consejo Mundial de Energía Eólica (GWEC). En total, se instalaron 54.600 MW, lo que supone un crecimiento del 12,4% respecto al año anterior. (Éolica, 2017)

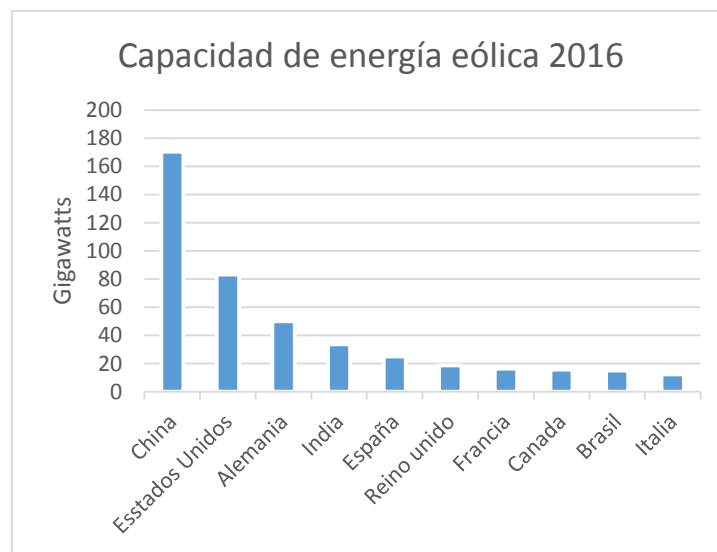
Tabla 2.5: Ranking de países por potencia instalada acumulada en (MW).

	País	Potencia (MW)
1	China	168.690
2	Estados Unidos	82.184
3	Alemania	50.018
4	India	28.700
5	España	23.026
6	Reino unido	14.543
7	Francia	12.066
8	Canadá	11.900
9	Brasil	10.740
10	Italia	9.257
11	Resto del mundo	75.577

Fuente: Consejo Mundial de Energía Eólica (GWEC) Recuperado de (Éolica, 2017)

A continuación se muestra la figura __ elaborada a partir de la información que (REN21, 2017, pág. 88) proporciono en el 2016, en donde sitúa a china como la que produce mayor energía eólica en el mundo

Figura 2.13 Capacidad de energía eólica y adiciones, 10 países principales, 2016.



Elaboración propia según los datos proporcionados por (REN21, 2017, pág. 88)

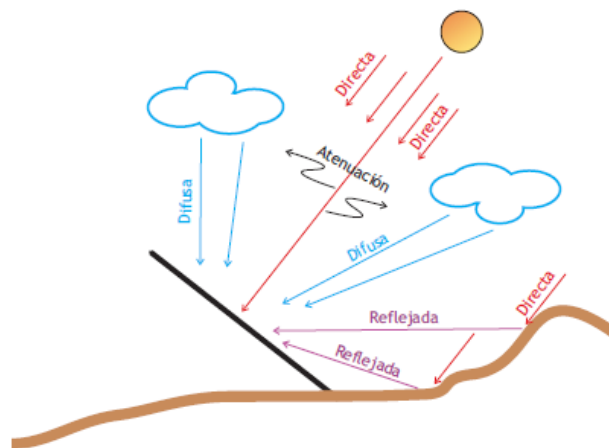
2.3 Energía Solar

El Sol, la estrella más cercana a nuestro planeta, es el centro del sistema solar. La temperatura en su núcleo se calcula debe estar alrededor de los 15 millones de grados K. Este astro libera cantidades enormes de energía producida gracias al proceso de fusión nuclear entre átomos de Hidrógeno y Helio en su interior. (Reyes, 2013, pág. 37)

Se conoce por solar al conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. El Sol se comporta prácticamente como un cuerpo negro que emite energía siguiendo la Ley de Planck a una temperatura de unos 6000 K. (Sánchez & Zapata, 2011, pág. 21). La radiación solar que alcanza una superficie puede ser de alguno de los tres tipos siguientes (Véase Figura 2.13):

- Radiación directa: Radiación solar incidente sobre un plano dado proveniente de un pequeño ángulo sólido centrado en el disco solar.
- Radiación difusa: Radiación solar dispersada en la atmósfera.
- Radiación reflejada: Radiación solar reflejada por el suelo y otras superficies. También conocida como de albedo.

Figura 2.14: Componentes de la radiación.



Fuente: Recuperado de (Reyes, 2013, pág. 39)

Un sistema fotovoltaico autónomo o aislado (SFA) convierte la energía proveniente del sol en energía eléctrica, almacenándola en una batería para su uso posterior (Véase *Tabla 2.6*). Es un sistema que no requiere de una conexión a la red eléctrica, trabajando de forma autónoma para proveer energía a los equipos. (Style, 2012)

Tabla 2.6: Ventajas y desventajas de un SFA.

Ventajas	Desventajas
La radiación solar es una fuente de energía gratuita, renovable y disponible en muchos sitios.	No aptos para instalaciones grandes que tienen un alto demanda de energía.
No hay gastos recurrentes de combustible	Hay que reemplazar las baterías periódicamente
La operación y el mantenimiento son relativamente sencillos.	El suministro de energía depende de la cantidad de sol disponible.
Se pueden ampliar a futuro.	A veces no existe un servicio técnico local especializado en la reparación de equipos.
Se adaptan bien a lugares remotos y pueden ser más económicos que una conexión a la red.	El costo inicial es alto.
No emiten gases nocivos y su operación es silenciosa.	Los usuarios finales necesitan formación en la gestión y mantenimiento del sistema.

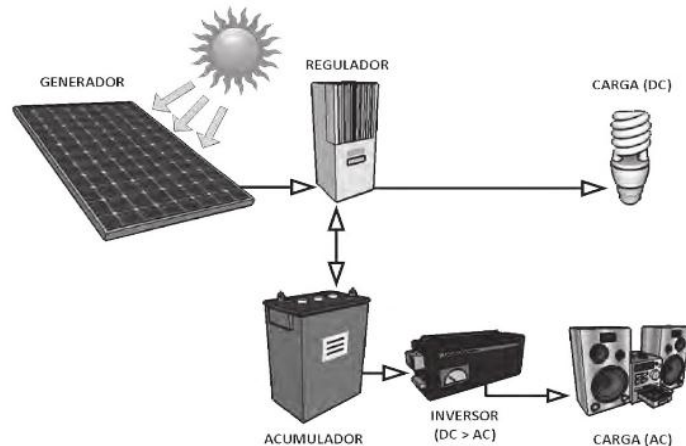
Fuente: Adaptado de (Style, 2012, pág. 3)

En su forma más básica, un sistema autónomo (SFA) consiste en (*Véase Figura 2.14*):

- **Generador:** el módulo que convierte la radiación solar en energía eléctrica.
- **Acumulador:** la batería donde se almacena la energía proveniente del módulo
- **Regulador:** un elemento que controla la energía producida por el módulo, la carga de la batería, y la energía consumida en los equipos.
- **Carga:** los equipos consumidores (lámparas, radios computadoras, televisores, etc.) que son el destino final de la energía producida por el sistema.

- Conductores: transportan la energía entre los distintos componentes del sistema, los elementos de producción y los interruptores.

Figura 2.15: Diagrama básico de un SFA en corriente directa y alterna.



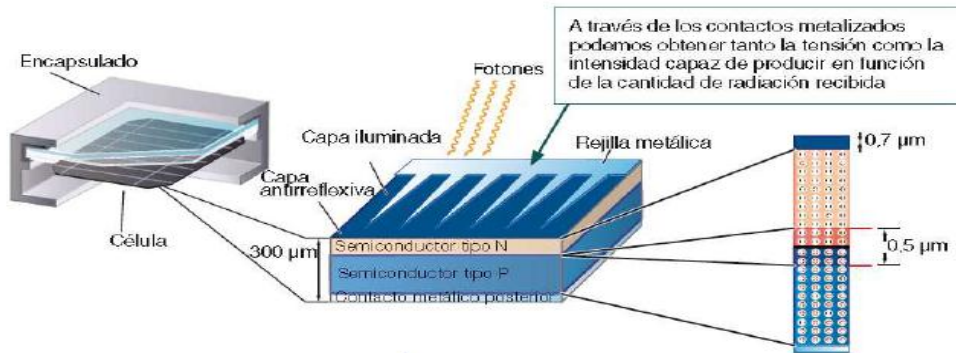
Fuente: Recuperado de (Style, 2012, pág. 3)

Los módulos o colectores fotovoltaicos están conformados por dispositivos semiconductores tipo “diodo”, los cuales al recibir radiación solar mediante un proceso químico se excitan y provocan saltos electrónicos; esto se conoce como efecto fotoeléctrico. (Sánchez & Zapata, 2011, pág. 29)

El efecto fotovoltaico (FV) es la base del proceso mediante el cual una célula FV convierte la luz solar en electricidad. Las células se montan en serie sobre paneles o módulos solares para conseguir un voltaje adecuado.

La luz solar está compuesta por fotones, o partículas energéticas el diagrama se muestra en la *Figura 2.15*. Estos fotones son de diferentes energías, correspondientes a las diferentes longitudes de onda del espectro solar. Cuando los fotones inciden sobre una célula FV. Pueden ser reflejados o absorbidos. Únicamente los fotones absorbidos generan electricidad.

Figura 2.16: Diagrama de un módulo fotovoltaico



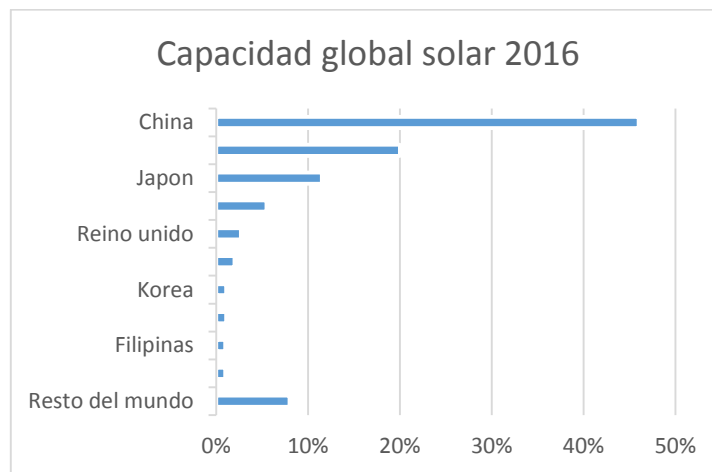
Fuente: Recuperador de (Guerrero, 2012, pág. 30)

Las partes más importantes de la célula solar son las capas de semiconductores, ya que es donde se crea la corriente de electrones.

La celda cuenta con dos terminales: la cara expuesta a la luz, posee un enrejado metálico muy fino (plata y/o aluminio), el cual colecta los electrones fotogenerados. Esta capa corresponde a la terminal negativa. La otra cara cuenta con una capa metálica, usualmente de aluminio. Esta corresponde a la terminal positiva ya que en ella se acumulan las cargas positivas. (Guerrero, 2012, pág. 31)

Una gráfica de la capacidad mundial en generación solar se muestra en la Figura 2.16:

Figura 2.17: Capacidad global solar, acciones de los 10 principales países y resto del mundo.

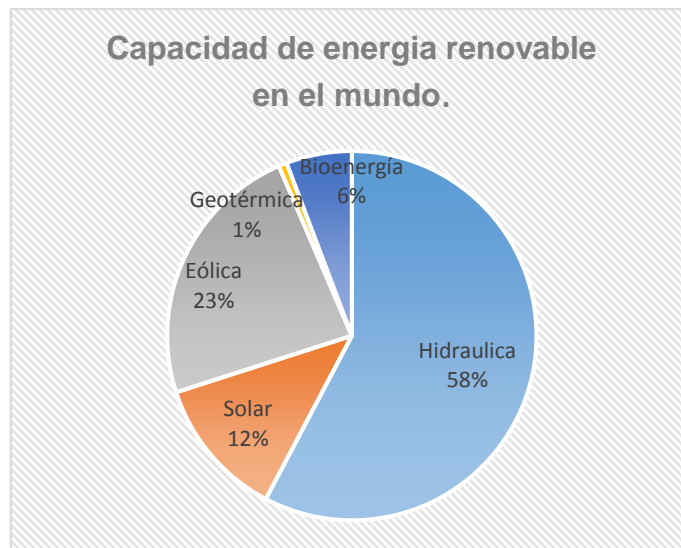


Elaboración propia según los datos proporcionados por (REN21, 2017, pág. 67)

2.1.4 Situación de la energía renovable en México

México ocupa el lugar 10 en el Rankin mundial de emisiones de CO₂ generadas, contribuyendo con el 2% del porcentaje total de emisión mundial. (Mengpin, Johannes, & Thomas, 2014). (Véase Figura 2.17). El aprovechamiento de las energías renovables, al desplazar el consumo de combustibles fósiles, constituye una de las principales estrategias de mitigación del cambio climático a nivel mundial. (Cabrera, 2011, pág. 53)

Figura 2.18: Capacidad de energía renovable en el mundo (GW).



Fuente: Elaboración propia basada en datos de (SENER, 2016)

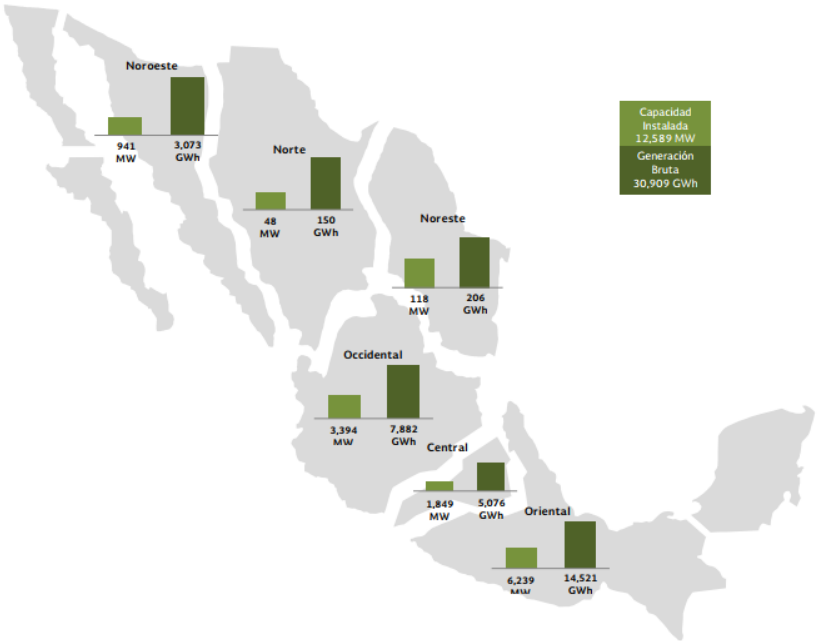
Emplear más fuentes de energía renovable reduciría en gran medida los problemas que causa la dependencia a los combustibles fósiles. En el sector eléctrico existe una baja interconectividad, especialmente en zonas remotas, lo que reduce el margen de reserva operativa, pero abre al mismo tiempo la oportunidad para un manejo descentralizado de las energías renovables. (Oswald, 2017, pág. 185)

El sector energético en México ha sufrido una transformación total en los últimos años: dejó de ser una industria dominada por dos jugadores monopólicos, la CFE en la industria eléctrica y Petróleos Mexicanos (PEMEX) en la de hidrocarburos, y a partir de la reforma del 2013 se han generado condiciones de apertura y competitividad para los inversionistas privados con interés de participar en el sector. (Sonora, 2017, pág. 29)

En las regiones del norte del país se sitúa una de las zonas de mayor potencial de generación solar fotovoltaico a nivel mundial, por su alto nivel de irradiación. Las zonas más ventosas del estado de Oaxaca y otros estados como Tamaulipas, Baja California, Puebla o Veracruz permitirían maximizar las horas de funcionamiento de las instalaciones eólicas. (...) Adicionalmente, los ríos, especialmente en la región sureste albergan un alto potencial de instalación de centrales hidráulicas de pequeña escala. (PwC, Works, IMERE, & WWF, 2013)

En los últimos dos años, la generación hidroeléctrica ha disminuido por los efectos climáticos, ya que los grandes embalses al escasear el recurso, priorizan su uso para el consumo agrícola y humano. La región con mayor número de plantas instaladas fue la Oriental con 31, donde se ubican 3 de las principales centrales: Chicoasén (2,400 MW), Malpaso (1,080 MW) y Angostura (900 MW), todas ubicadas en el estado de Chiapas con una generación total de 9,021 GWh (Véase Figura 2.18) (SENER, Prospectiva de Eergías Renvables 2017-2031, 2017, pág. 37)

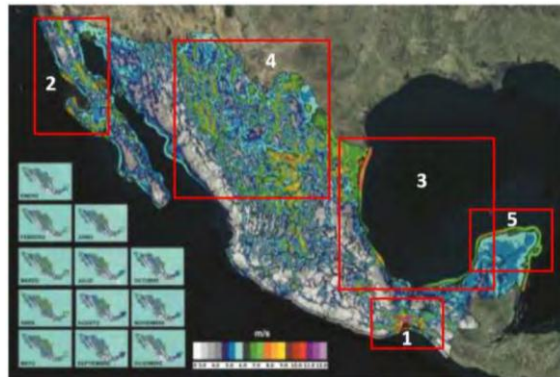
Figura 2.19: Capacidad y generación de centrales hidroeléctricas por control 2016. (MW, GWh)



Fuente: Elaborado por SENER con información de PRODESEN 2017-2031. Recuperado de (SENER, Prospectiva de Eergías Renvables 2017-2031, 2017, pág. 38)

En la *Figura 2.19*, se puede apreciar con recuadros rojos las cinco regiones del alto potencial, donde (1) es el Istmo de Tehuantepec, (2) Estado de Baja California, (3) la costa del Golfo de México, (4) el norte del país y (5) la costa de Yucatán. (SENER, Mapa de ruta tecnológica energía eólica en tierra, 2017)

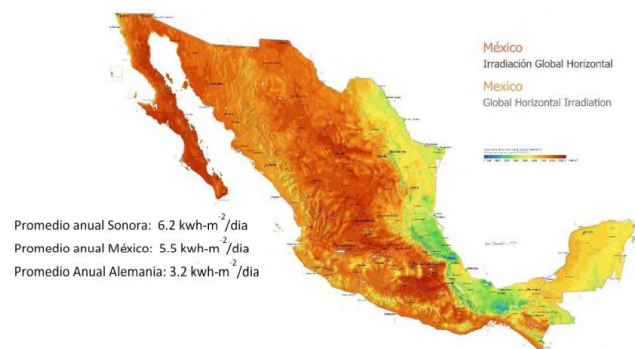
Figura 2.20: Potencial del recurso eólico en México.



Fuente: INERE 2016 (SENER-CFE, 2015) Recuperado de (SENER, Mapa de ruta tecnológica energía eólica en tierra, 2017, pág. 25)

México, situado en la faja de mayor insolación del planeta, presenta una amplia disponibilidad de irradiación solar, la cual, en conjunto con los amplios territorios semidesérticos, convierten al país en una de las regiones más rentables para la utilización de las tecnologías a gran escala (SENER, Mapa de ruta tecnológica energía solar fotovoltaica, 2017, pág. 23). Lo mencionado anteriormente se muestra en la *Figura 2.20*:

Figura 2.21: Mapa típico de insolación solar en la República mexicana.



Fuente: Adaptado de Solargis, Recuperado de (SENER, Mapa de ruta tecnológica energía solar fotovoltaica, 2017, pág. 24)

La incorporación a gran escala de las fuentes renovables y una intensa política de uso eficiente de la energía resultan cruciales para reemplazar el uso de combustibles fósiles cada vez más caros. (Villalonga, 2013).

Actualmente, las energías renovables más promisorias son la eólica, la solar fotovoltaica y la biomasa, debido a que sus costos de inversión pueden llegar a ser menores a US\$ 2 millones por megavatio instalado (MW), al tiempo que representan casi el 35% de la capacidad instalada de energías renovables a nivel mundial. (Díaz, Cano, & Murphy, 2016)

Figura 2.22: Ley de transición energética.



Fuente: (EY-Mexico, 2015)

El 10 de diciembre de 2015 fue aprobada la Ley de Transición Energética (LTE), (Véase *Figura 21*), esta retoma la meta del 35% de participación de energías limpias en la generación eléctrica para el 2024 y establece metas intermedias de 25% para el año 2018 y 30% para el año 2021. Al respecto, la ley distingue entre Energías limpias aquellas definidas como energías renovables que derivan del viento, el movimiento del agua, energía oceánica, geotérmica, bioenergéticas y la cogeneración. Excluye las plantas nucleares.

Para el cumplimiento de sus objetivos pretende lograr el incremento de las energías limpias para alcanzar las metas en dicha materia, y obtener una reducción de emisiones contaminantes de la industria eléctrica imponiendo ciertas estrategias, programas, medidas y políticas públicas.

Se establece que el estado mexicano promoverá la existencia de condiciones legales, regulatorias y fiscales que faciliten el cumplimiento de las metas. Bajo este marco, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) a través de la Secretaría de Energía (SENER) podrá establecer mecanismos de apoyo, estímulos fiscales y financieros que permitan promover inversiones en medidas técnicas y económicamente viables.

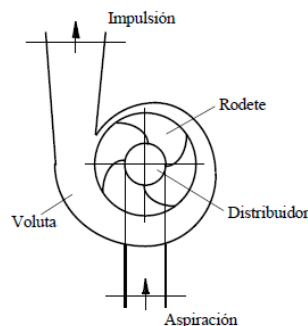
2.5 Generalidades sobre las máquinas hidráulicas.

Con carácter general, puede decirse que una máquina de fluido es un sistema mecánico que intercambia energía mecánica con el fluido que está contenido o que circula a través de él. (Zamora Parra & Viedma Robles, 2016, pág. 2)

Cabe destacar el distinto enfoque que debe darse por un lado al análisis y por el otro al diseño de las máquinas hidráulicas. El análisis del comportamiento de una máquina hidráulica puede realizarse con ayuda de las teorías simplificadas que se han comentado anteriormente. Sin embargo, el diseño debe apoyarse en la experimentación previa de máquinas ya construidas que funcionen de forma satisfactoria.

- Máquinas rotodinámicas, o turbomáquinas, en las que se produce un intercambio de cantidad de movimiento entre el fluido y la máquina a través de una pieza giratoria, llamada rotor o rodete (Véase Figura 2.21).

Figura 2.23: Esquema de una bomba centrífuga.

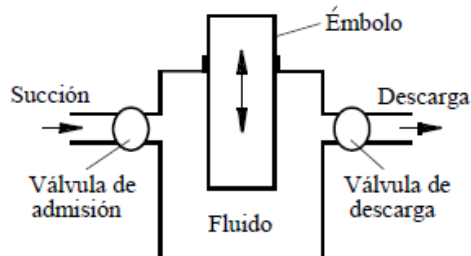


Fuente: (Zamora Parra & Viedma Robles, 2016, pág. 5)

- Máquinas de desplazamiento positivo o volumétricas (Véase Figura 2.22), en las que el intercambio de energía es sobre todo en forma de presión

mediante el paso del fluido a través de una cámara de trabajo, en la que entra y sale en un proceso alternativo.

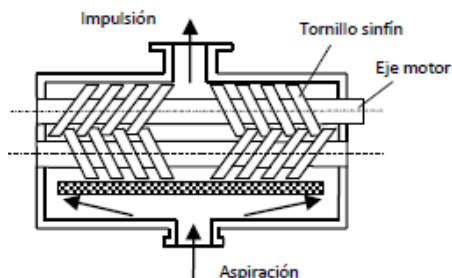
Figura 2.24: Máquinas volumétricas o de desplazamiento positivo, alternativa de émbolo.



Fuente: (Zamora Parra & Viedma Robles, 2016, pág. 6)

- Máquinas gravimétricas. Aunque actualmente son de menor interés, se puede completar la clasificación con aquellas máquinas cuyo intercambio de energía sea sobre todo de tipo potencial gravitatoria (Véase Figura 2.23), como los elevadores de cangilones, la rueda hidráulica o el tornillo de Arquímedes.

Figura 2.25: Bombas volumétricas rotativas, de tornillo sin fin.

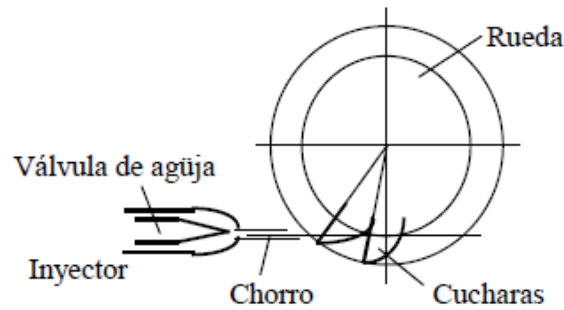


Fuente: (Zamora Parra & Viedma Robles, 2016, pág. 6)

2.5.1 Turbinas de acción o impulso

No se produce variación de presión estática a través del rotor, por lo que el fluido no precisa llenar todo el espacio entre álabes (Véase Figura 2.24). Toda la caída de presión estática se sitúa en la tobera del inyector y el agua sólo incide sobre los sucesivos álabes en forma de uno o varios chorros discretos con gran energía cinética.

Figura 2.26: Esquema básico de una turbina de acción tipo Pelton.



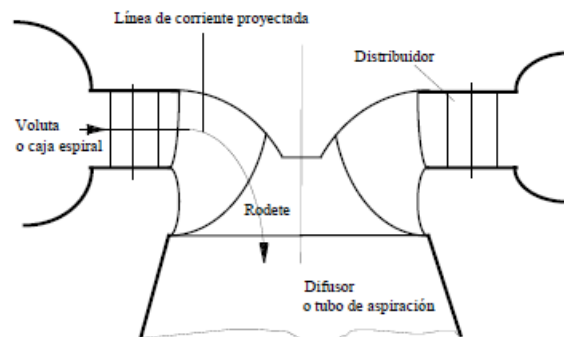
Fuente: (Zamora Parra & Viedma Robles, 2016, pág. 8)

2.5.2 Turbinas de reacción

Se produce una caída de presión estática en el rotor, por lo que el líquido debe llenar todo el canal entre álabes. Según la dirección del fluido, se pueden distinguir a su vez entre los siguientes tipos:

- *Turbinas radiales o Francis*: Son características de saltos entre 40 y 500 m, por lo que son las más frecuentemente empleadas. (Véase Figura 2.25)

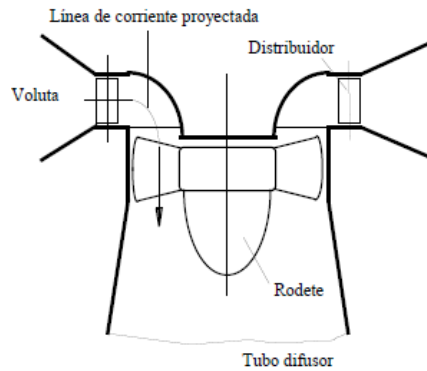
Figura 2.27 Esquema básico de una turbina de reacción Francis típica.



Fuente: (Zamora Parra & Viedma Robles, 2016, pág. 8)

- *Turbinas axiales o Kaplan*. En estas máquinas, el flujo es totalmente axial y los álabes son fijos (en cuyo caso se denominan turbinas de hélice) o bien orientables para regular la carga (turbinas Kaplan, Véase Figura 2.26). Se emplean cuando el salto es muy pequeño (inferior a 60 m).

Figura 2.28: Dibujo esquemático de una turbina Kaplan de eje vertical.



Fuente: (Zamora Parra & Viedma Robles, 2016, pág. 9)

2.5.3 Curvas características de turbinas hidráulicas

En turbinas es necesario retener en principio un parámetro, α , derivado de las características internas propias de la máquina, ... es más conveniente y usual tomar el trío D , ρ y gH , para que en las curvas aparezcan el caudal, la potencia y el rendimiento adimensional en función de la altura neta.

$$\frac{Q}{D^2 (gH)^{1/2}} = \psi_1 \left(\frac{\Omega D}{(gH)^{1/2}}, \alpha \right) \quad (1.1)$$

$$\frac{W}{\rho D^2 (gH)^{3/2}} = \psi_2 \left(\frac{\Omega D}{(gH)^{1/2}}, \alpha \right) \quad (1.2)$$

$$\frac{T}{\rho g H D^3} = \psi_3 \left(\frac{\Omega D}{(gH)^{1/2}}, \alpha \right) \quad (1.3)$$

$$\eta = \psi_4 \left(\frac{\Omega D}{(gH)^{1/2}}, \alpha \right) \quad (1.4)$$

El coeficiente de apertura, o de gasto en turbinas, es

$$\frac{Q}{D^2 (gH)^{1/2}} \quad (1.5)$$

El coeficiente de velocidad de giro,

$$\frac{\Omega D}{(gH)^{1/2}} \quad (1.6)$$

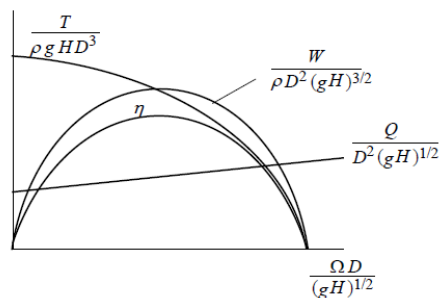
y el coeficiente de potencia en turbinas,

$$\frac{W}{\rho D^2 (gH)^{3/2}} \quad (1.7)$$

A diferencia de las bombas, las curvas características que se obtienen de estas relaciones funcionales dependerán de dos parámetros.

En la *Figura 2.27* se tiene la potencia, el par y el caudal adimensionalizados, y el rendimiento, en función del régimen de giro adimensionalizado, todo ello para una posición dada de los álabes del distribuidor, o de cualquier otro tipo de álabe orientable que pueda alterar la geometría de la máquina, dada por α .

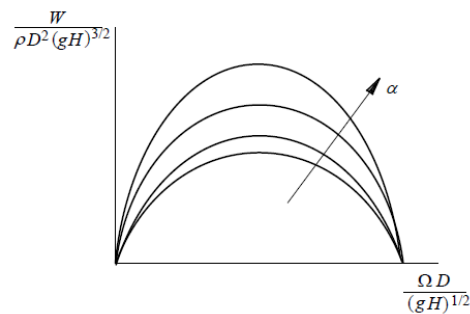
Figura 2.29: Curvas características típicas en una turbina de reacción para una posición fija de los álabes del distribuidor.



Fuente: (Zamora Parra & Viedma Robles, 2016, pág. 36)

En la *Figura 2.28* se tiene la potencia adimensionalizada también en función del régimen de giro adimensionalizado, para varios valores del parámetro α , lo que da origen a varias curvas.

Figura 2.30: Curvas características de potencia para una turbina de reacción en función del régimen de giro y de la apertura del distribuidor.



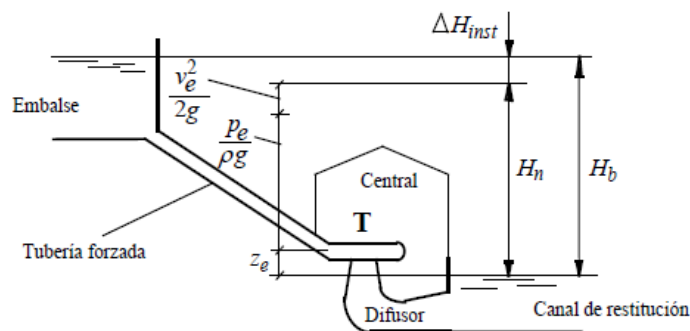
Fuente: (Zamora Parra & Viedma Robles, 2016, pág. 37)

2.5.4 Elementos para el cálculo e instalación de turbinas hidráulicas.

En el caso de la elección o del diseño de una turbina, resulta especialmente influyente la disponibilidad de agua y de energía potencial hidráulica en la zona en la que se desea llevar a cabo el aprovechamiento hidráulico. (Zamora Parra & Viedma Robles, 2016)

La selección de las turbinas hidráulicas parte de los datos característicos o de diseño disponibles; estos son en general la altura bruta H_b y el caudal disponible. Las pérdidas en el conducto de admisión o tubería forzada, reducirán la altura bruta a la neta (véase *Figura 2.29*)

Figura 2.31: Esquema de una instalación de turbinado.



Fuente: Recuperado de (Zamora Parra & Viedma Robles, 2016, pág. 209)

La elección del tipo de turbina, y su posterior dimensionado y diseño, se realizará a partir de estos datos de altura neta H_n y de caudal Q . Normalmente, las turbinas hidráulicas van directamente acopladas al alternador...Esta velocidad, llamada de sincronismo, depende de la frecuencia de la corriente de la red (f) y del número de pares de polos del alternador síncrono (n_p),

$$\Omega = \frac{2\pi f}{n_p} \quad (1.8)$$

Con todos estos datos, se puede definir la velocidad específica (Ω_s) o la potencia específica (W_s)

$$\Omega_s = \Omega \frac{Q^{1/2}}{(gH_n)^{3/4}} \Big|_{\eta \text{ máx}} \quad (1.9)$$

$$W_s = \Omega \frac{(W_T / \rho)^{1/2}}{(gH_n)^{5/4}} \Big|_{\eta \text{ máx}} \quad (1.10)$$

Una vez establecida la velocidad o la potencia específicas y teniendo en cuenta de que se desea obtener un rendimiento máximo en estas condiciones nominales, el tipo de turbina adecuado se obtiene de la *Tabla 2.7*.

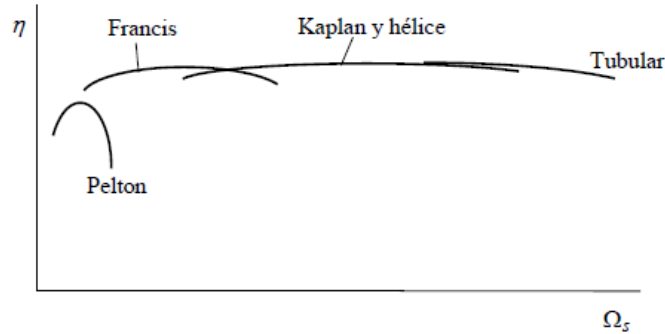
Tabla 2.7: Rangos de velocidad específica y de altura neta para los distintos tipos de turbinas.

Tipo de turbina	Características	Ω_s	H_n (m)
Pelton	1 chorro	0,05 a 0,15	250 a 1800
	2,3,4,... chorros	0,15 a 0,35	100 a 800
Francis	Lenta	0,35 a 0,67	150 a 350
	Normal	0,67 a 1,20	80 a 150
	Rápida	1,20 a 2,70	25 a 80
Hélice y Kaplan	Lenta	1,60 a 2,75	18 a 35
	Rápida	2,75 a 3,65	12 a 18
	Ultra rápida	3,65 a 5,50	5 a 12

Fuente: (Zamora Parra & Viedma Robles, 2016, pág. 210)

La elección definitiva de la velocidad específica puede hacerse con ayuda de gráficos como el de la *Figura 2.30*, en la que se establecen los rangos y valores de los rendimientos que pueden obtenerse en función de Ω_s

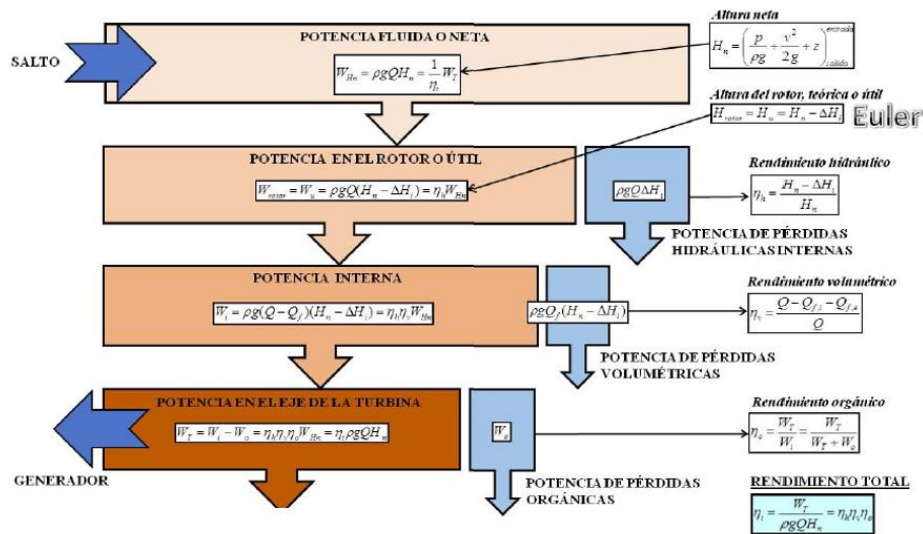
Figura 2.32: Estimación del rendimiento en función de la velocidad específica para varios tipos de turbina.



Fuente: (Zamora Parra & Viedma Robles, 2016, pág. 210)

Resumiendo las formulas fundamentales para las turbomaquinas se agrega la Figura 2.31 que sintetiza de manera gráfica:

Figura 2.33: Diagrama energético de Sankey para turbinas hidráulicas.



Fuente: (Zamora Parra & Viedma Robles, 2016, pág. 40)

2.5.5 Coeficientes adimensionales. Velocidad específica y potencia específica

Mediante el análisis adimensional por lo tanto se pueden obtener las características de funcionamiento de una bomba, o de una turbina, en condiciones diferentes de las originales para las que se caracterizó la máquina. También permite utilizar los

resultados obtenidos en ensayos en un modelo para predecir las características de una máquina semejante a dicho modelo, pero por ejemplo a otra escala.

En cualquier caso, los ensayos experimentales son necesarios y deben realizarse en modelos apropiados por diversas razones:

- Comprobación del diseño y verificación de las predicciones teóricas, que necesariamente incluyen simplificaciones o inexactitudes. El ensayo experimental es el único modo de ajustar correctamente la tendencia de una determinada curva característica predicha de forma teórica.
- Evaluación de actuaciones en condiciones especiales (cavitación, por ejemplo).
- Evaluación de las cargas hidrodinámicas que se necesitan para el diseño mecánico.

La velocidad específica, Ω_s , puede obtenerse a partir del coeficiente de altura o coeficiente manométrico y del coeficiente de gasto, como sigue:

$$\Omega_s = \frac{(Q/\Omega D^3)^{1/2}}{(gH/\Omega^2 D^2)^{3/4}} \Big|_{\eta \text{ máx}} \quad (1.11)$$

resultando

$$\Omega_s = \frac{\Omega Q^{1/2}}{(gH)^{3/4}} \Big|_{\eta \text{ máx}} \quad (1.12)$$

La potencia específica, W_s , puede obtenerse a partir del coeficiente de potencia para turbinas y del coeficiente de velocidad de giro, haciendo lo siguiente:

$$W_s = \left[\frac{W}{\rho D^2 (gH)^{3/2}} \right]^{1/2} \left(\frac{\Omega D}{(gH)^{1/2}} \right) \Big|_{\eta \text{ máx}} \quad (1.13)$$

resultando

$$W_s = \frac{\Omega W^{1/2}}{\rho^{1/2} (gH)^{5/4}} \Big|_{\eta \text{ m\acute{a}x}} \quad (1.14)$$

La velocidad específica y la potencia específica pueden utilizarse indistintamente para bombas y para turbinas...aunque es preciso tener en cuenta que en una turbina es

$\eta_t = W_T / (\rho Q g H_n)$, se cumple que:

$$\eta_t^{1/2} = \frac{W_s}{\Omega_s} \quad (1.15)$$

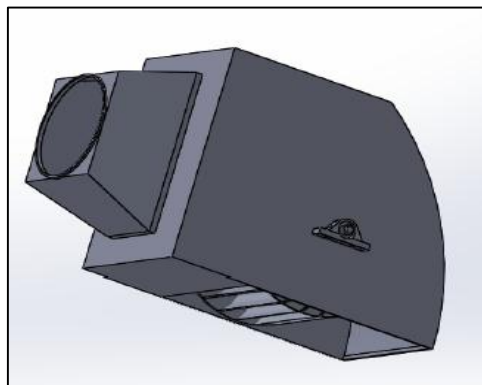
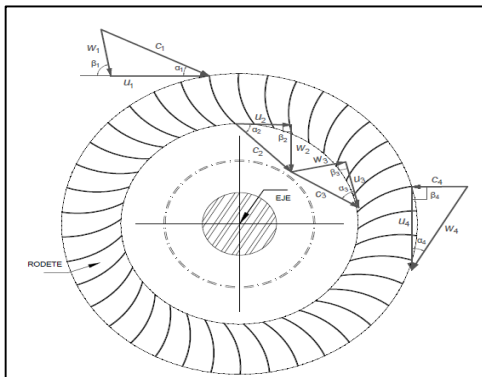
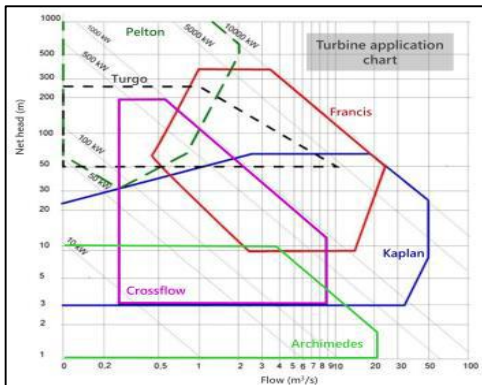
Como se ha eliminado el diámetro y se restringe el estudio a la situación de rendimiento máximo, la velocidad específica será por tanto un valor característico del diseño. (Véase tabla 2.8).

Tabla 2.8: Rangos de valores usuales de la velocidad específica y de la potencia específica para diferentes tipos de turbomáquinas.

TURBINAS	$W_s = \Omega_{s,t} = \frac{\Omega(W_t/\rho)^{1/2}}{(gH_n)^{5/4}} \Big _{\eta \text{ m\acute{a}x}}$
Turbinas de impulso (Pelton)	$0,02 < W_s < 0,3$
Turbinas centrípetas (Francis)	$0,3 < W_s < 2,5$
Turbinas axiales (Kaplan)	$2,3 < W_s < 6,0$

Fuente: (Zamora Parra & Viedma Robles, 2016, pág. 38)

CAPÍTULO III: DISEÑO DE LA MEJORA TECNOLÓGICA



El valor de una educación universitaria no es el aprendizaje de muchos datos, sino el entrenamiento de la mente para pensar.

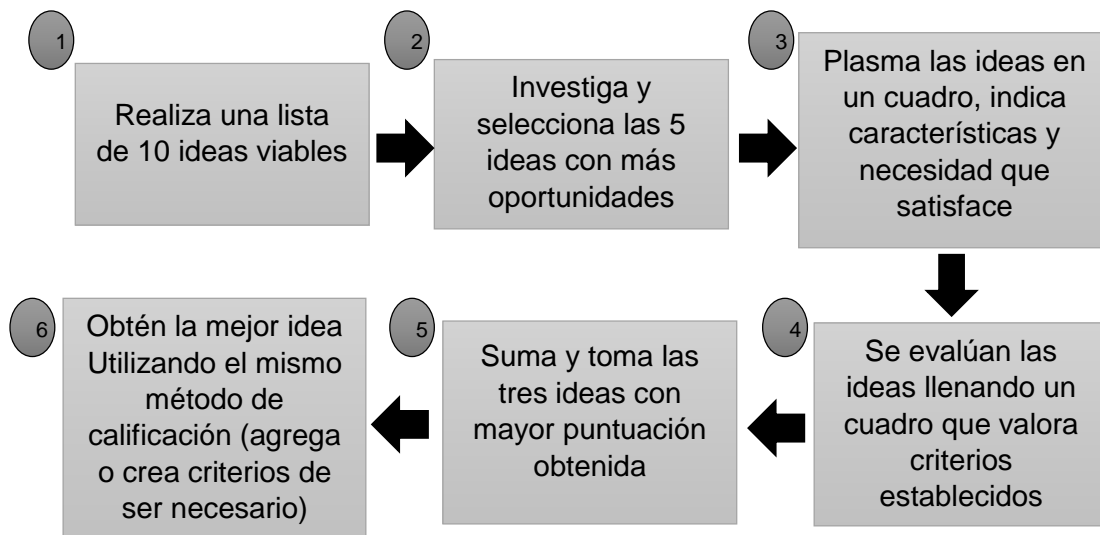
Albert Einstein (1879-1955)

3.1 Elección del punto de mejora

Para el fundamento y diseño de este trabajo de investigación es necesario mencionar que se ha implementado la filosofía Reingeniería. La cual fundamenta el uso estratégico de ideas y medios para generar resultados positivos e innovadores.

Citando a (Ortiz, Ortiz Hernández, & Ortiz Alfaro, 2012) se plasma el Modelo de Capital Intelectual “Value Explorer” El cual es muy útil para la generación de ideas exitosas, las cuales pueden ser usadas en la resolución de problemas reales y aplicado en trabajos de investigación. La *Figura 3.1* sintetiza el proceso que se emplea para la aplicación de este método.

Figura 3. 1 Proceso metodológico del modelo “Value Explorer”.



Fuente: Adaptado de (Ortiz, Ortiz Hernández, & Ortiz Alfaro, 2012, págs. 80-83)

A continuación, se muestra la lista de ideas realizada para la selección del punto de mejora en el presente caso de estudio.

Lista de ideas para la mejora tecnológica en una microempresa rural

1. Máquina sembradora de amaranto
 2. Reingeniería de procesos en microempresa rural, implementando energía limpia.
 3. Máquina cosechadora de cebolla.
 4. Uso de dron para monitoreo de cosechas.
 5. Deshidratador de alimentos a base de gas.
 6. Máquina cortadora de frutas para deshidratar.
 7. Máquina cosechadora de cebolla.
 8. Equipo para elaborar pan integral de caja.
 9. Molino para plantas deshidratadas.
 10. Sistema eólico para generación de energía eléctrica en microempresa rural.
-
-

Posteriormente se seleccionaron las mejores cinco, después de haber buscado información acerca de cada idea y se enlistan nuevamente las mejores.

-
-
1. Máquina sembradora de amaranto
 2. Reingeniería de procesos en microempresa rural, implementando energía limpia.
 3. Máquina cosechadora de cebolla.
 4. Uso de dron para monitoreo de cosechas.
 5. Deshidratador de alimentos a base de gas.
-
-

Después es necesario realizar tabla en donde se sometan esas ideas a ser definidas en características y necesidades o solución del problema. (Véase Tabla 3.1)

Tabla 3. 1 Lista de ideas-productos que puedan realizarse físicamente.

IDEA	CARACTERÍSTICAS	NECESIDAD O PROBLEMA QUE SATISFACE
Maquina sembradora de amaranto	Dispositivo capaz de sembrar amaranto. De manera eficiente y automática	La necesidad de algunas comunidades rurales, por tener cosechas más productivo.
Reingeniería de procesos en microempresa rural, implementando energía limpia.	Desarrollar una mejora tecnológica aplicando la reingeniería. Mediante la implementación de una turbina hidráulica.	Poder generar electricidad de manera eficiente y limpia para beneficiar el proceso en el cultivo de plantas comestibles y medicinales, la crianza de peces en estanques y un negocio que produce comida típica.
Máquina cosechadora de cebolla.	Maquina cosechadora de cebollas de una cadena tamizada, un eje de cosecha y un rodillo de entrada.	Apoyar el desarrollo de la industria agropecuaria, creando máquinas de calidad y bajo costo
Uso de dron para monitoreo de cosechas.	Diseñar y programar un dron capaz de monitorear y procesar imágenes de los cultivos y cosechas.	Apoyar en la erradicación de plagas y demás factores que perjudiquen a los cultivos y cosechas.
Deshidratador de alimentos a base de gas.	Diseño de un deshidratador que aproveche la energía solar y de gas para el deshidratado de arándano y tomate.	Apoyar el desarrollo tecnológico de una microempresa productora de frutas deshidratadas

Fuente: Adaptado de (Ortiz, Ortiz Hernández, & Ortiz Alfaro, 2012, pág. 80)

Una vez más se elabora una tabla como la *Tabla 3.2*, definiendo los parámetros especificados y numerando del 1 al 5 en nivel de adaptación a consideración del juzgador.

Tabla 3. 2 Ejemplo de ideas y problemas que satisfacen.

IDEAS	CRITERIOS	Maquina sembradora de amaranto	Reingeniería de procesos en microempresa rural, implementando energía limpia.	Máquina cosechadora de cebolla.	Uso de dron para monitoreo de cosechas.	Deshidratador de alimentos a base de gas.
Compatibilidad con tus objetivos personales.		2	3	2	3	3
Compatibilidad con los objetivos de tu familia		1	3	1	1	2
Gusto por el tipo de empresa		2	4	3	3	2

Experiencia en el tipo de empresa	1	2	1	1	1
Compatibilidad con tus recursos económicos	3	3	3	2	3
Compatibilidad con tus recursos materiales	2	3	2	3	2
Compatibilidad con los recursos humanos que tienes a tu alcance	4	5	4	4	3
Posibilidad de realizarse a corto plazo	3	4	3	2	2
Existencia de cálculos y planos	2	3	2	2	3
Existencia de prototipo	3	4	3	4	4
Total de puntos	23	34	24	25	26

Fuente: Adaptado de (Ortiz, Ortiz Hernández, & Ortiz Alfaro, 2012, pág. 81)

Es necesario que consideres las 3 ideas más aptas para someterlas a al último debate de conceptos asignando del 1 al 5 el máximo valor y así, seleccionar la mejor de las diez ideas inicialmente propuestas. (Véase *Tabla 3.3*).

Tabla 3. 3 Evaluación de las ideas.

CRITERIOS	IDEAS	Reingeniería de procesos en microempresa rural, implementando energía limpia.	Uso de dron para monitoreo de cosechas.	Deshidratador de alimentos a base de gas.
Innovación		4	5	3
Mercado potencial.		5	4	4
Conocimiento teórico		4	2	3
Conocimiento empírico		4	2	3
Requerimientos		4	2	3
Total de puntos		21	15	16

Fuente: Adaptado de (Ortiz, Ortiz Hernández, & Ortiz Alfaro, 2012, pág. 83)

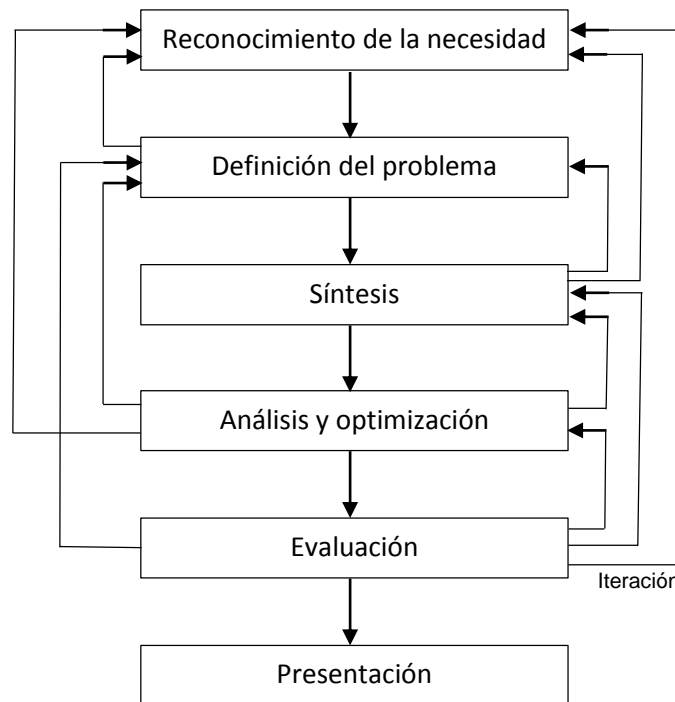
3.2 Identificación de las variables críticas en el proceso del diseño

Una vez seleccionado el tema “Reingeniería de procesos en microempresa rural, implementando energía limpia” es necesario un buen planteamiento del problema para lograr el mejor diseño de la mejora tecnológica.

Se utilizará las etapas de diseño plasmadas por (G. Budynas & Keith Nisbett, 2012, pág. 4), Véase *Figura 3.2*, menciona diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad o resolver un problema particular. El diseño es un proceso innovador, altamente iterativo y de toma de decisiones.

Si el plan resulta en la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil que pueda fabricarse y comercializarse.

Figura 3. 2 Etapas de diseño para evaluar una idea.



Fuente:
Budynas & Keith

Recuperado de (G.
Nisbett, 2012, pág.

6)

Reconocimiento del problema

Falta de energía eléctrica en la zona rural, debido a su alejada ubicación y el costo elevado para la rentabilización de la infraestructura eléctrica. Por lo que no es posible el desarrollo de sus actividades agrícolas, agropecuarias y comerciales.

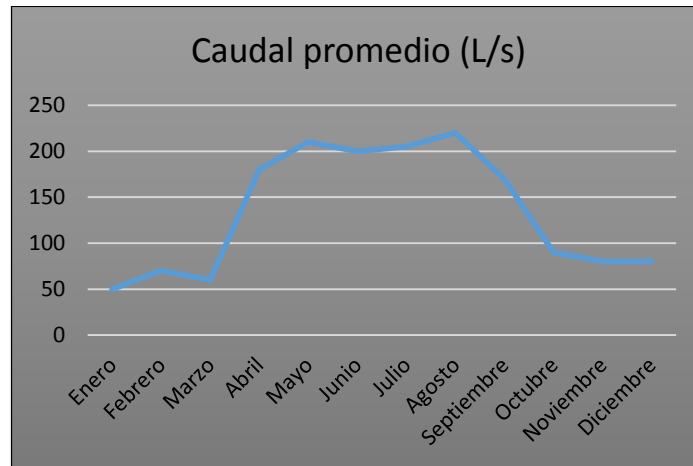
Definición del problema

- Se diseña una turbina hidráulica que aprovechará la energía cinética proveniente del agua y la convertirá en energía mecánica. Para ser implementada por un alternador que finalmente producirá energía eléctrica de manera limpia
- Se requiere energía eléctrica para el desarrollo de sus actividades agrícolas, agropecuarias y comerciales. Beneficiando al cultivo de plantas comestibles y medicinales, la crianza de peces en estanques y un negocio que produce comida típica.
- No se cuenta con infraestructura eléctrica, sin embargo, debido a la geología del terreno se cuenta con el recurso hídrico de una zona montañosa con pronunciadas pendientes. Donde fluyen arroyos de agua dulce a una velocidad considerable, desembocando grandes caudales de agua.
- Se requiere la implementación de recursos eléctricos y electrónicos de baja y media potencia. Como luminaria, componentes de sonido y electrodomésticos.

Consideraciones iniciales

Analizando el sitio (Véase *Figura 3.3*) donde se ubica la microempresa, se determinó un caudal mínimo de $50 \frac{L}{s}$ y máximo de $220 \frac{L}{s}$. La altura considerada desde el nacimiento hasta el embalse en donde se implementará la turbina es aproximadamente 50m y se tiene una altura útil de 5m a la caída del embalse.

Figura 3. 3 Grafica del caudal del arroyo según la temporada de lluvias y sequias.

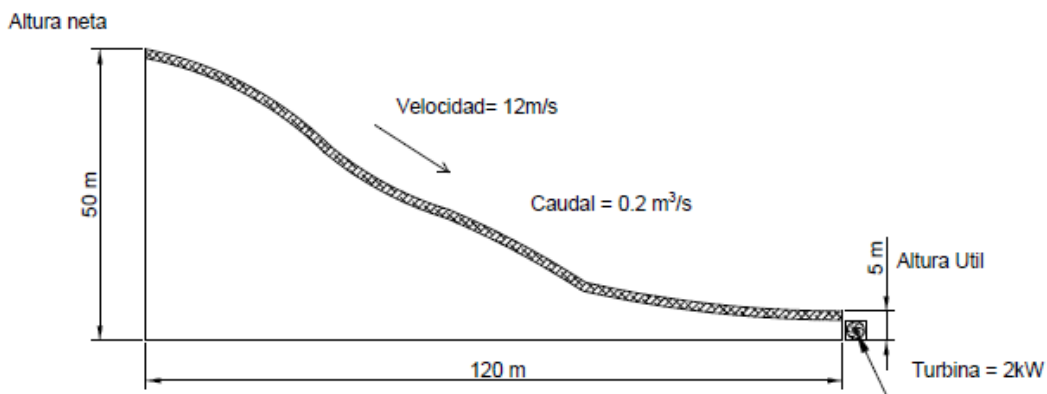


Fuente: Elaboración propia

La elección de la turbina dependerá de las condiciones físicas del terreno, la potencia eléctrica requerida y los gastos de inversión. (Véase Figura 3.4)

Se debe realizar un diseño eficiente, duradero y de bajo costo, que pueda instalarse fácilmente en zonas rurales para generar energía de uso domésticos y potencia en bajos rangos.

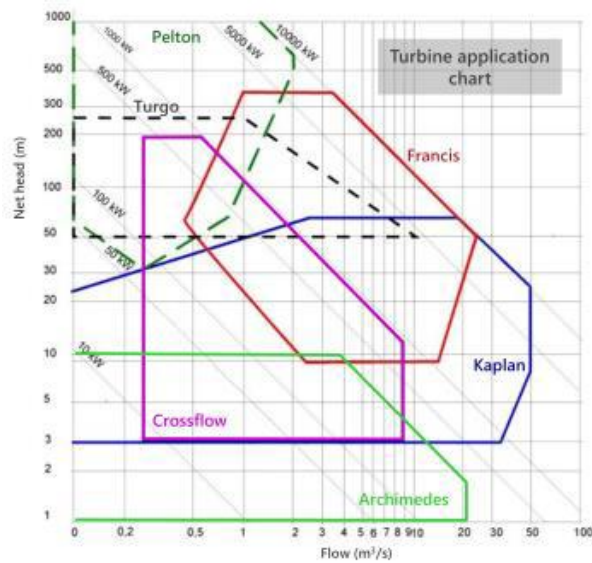
Figura 3. 4 Diagrama de la zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Con las especificaciones obtenidas de caudal y altura que se presentan, para la selección de la turbina se consideró la Figura 3.5 que define el rango de aceptación para la turbina según su salto y caudal.

Figura 3. 5 Selección de turbina, según el salto y caudal de diseño.



Fuente: Recuperado de (Troncoso, 2016, pág. 7)

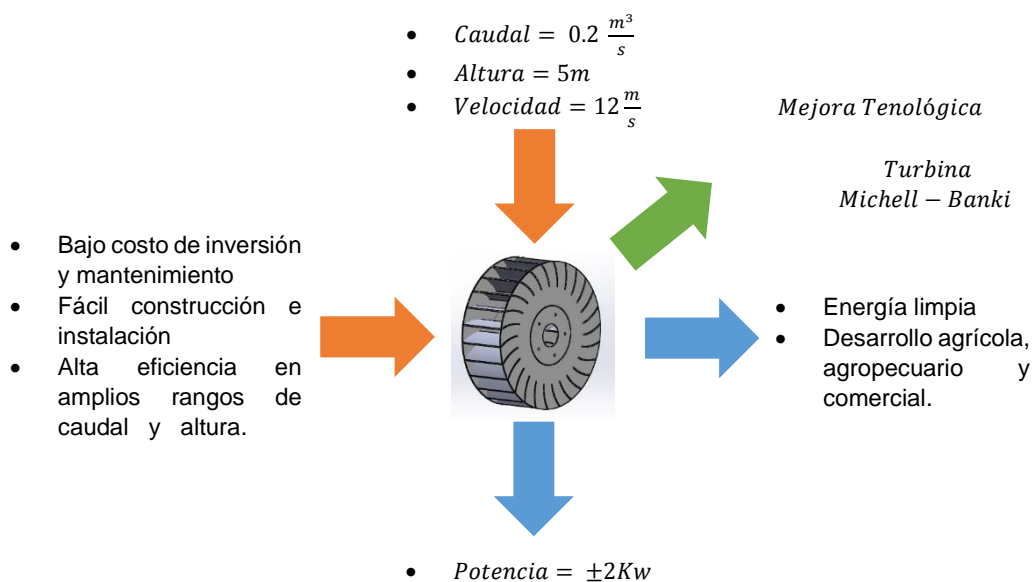
A pesar de estar en el mismo rango que la turbina Kaplan y el tornillo de Arquimedes se considera que la más adecuada es la Michell-Banki o Crossflow (Flujo transversal), justificando con lo siguiente:

- Tiene un amplio rango de aplicación, estando comprendida entre la turbina Paltón de doble inyector y las Francis rápidas.
- Puede operar en amplios rangos de caudal y altura sin variar apreciablemente su eficiencia.
- Su construcción es sencilla, puede ser fabricada en pequeños talleres. Debido a su simplicidad de construcción y funcionamiento, para bajas caídas, es la turbina que presenta los menores costos iniciales, así como de operación y mantenimiento. Se adapta para ser usada en medios rurales. (Gamarra Miranda, Mejia Vazques, & Parraguez de la Cruz, 2016, pág. 5)

Presentación de diseño

Es necesario después de haber consultado y definido las consideraciones iniciales del diseño, plasmar la idea de forma clara y concisa (Véase Figura 3.6), con la finalidad de simplificar desarrollo de los cálculos.

Figura 3. 6 Presentación del diseño seleccionado



Fuente: Elaboración propia

3.3 Memoria de cálculo

Una vez establecidas las consideraciones de diseño mostradas en la *Tabla 3.4*, se definen las variables y constantes que se utilizarán para la memoria de cálculo.

Tabla 3. 4 Condiciones iniciales para el diseño.

Nombre	Símbolo	Valor	Unidad
Caudal	Q	0.2	$\frac{m^3}{s}$
Velocidad del fluido	V	2	$\frac{m}{s}$
Altura útil	h	5	m
Inyector	z	1	<i>Inyectores</i>

Eficiencia de la maquina	η	80%	
Numero de polos	Z	2	<i>Polos</i>
Frecuencia	f	60	<i>Hz</i>
Constante gravitacional	g	9.81	$\frac{m}{s^2}$
Peso específico del agua	γ	9810	$\frac{N}{m^3}$
Densidad del Agua	ρ	1000	$\frac{Kg}{m^3}$

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que se trata de una turbomáquina que aprovecha la energía de un fluido que pasa a través produciendo un movimiento rotatorio, se utilizarán las ecuaciones fundamentales que la rigen.

Como fundamentos del funcionamiento de esta máquina, se encuentran:

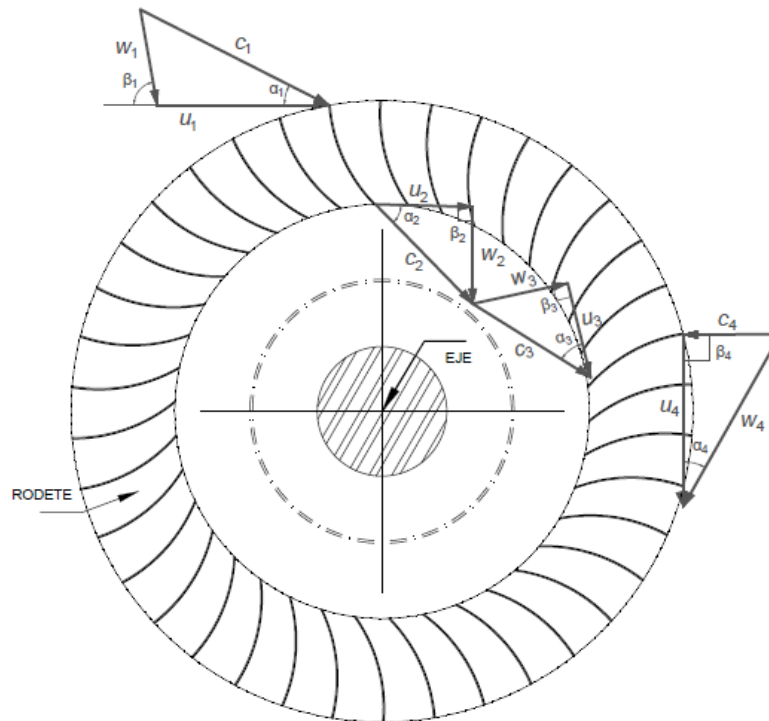
- Ecuación de continuidad
- La ecuación de Bernoulli para fluidos incompresibles
- La teoría del impulso y cantidad de movimiento.
- La ecuación de las turbomáquinas de Euler.

En cuanto a los conceptos de diseño mecánico, se encuentran los siguientes tópicos: cargas variables, propiedades mecánicas de los materiales y factores de seguridad. (Aceves, 2011)

Este trabajo tomo como fundamento las investigaciones y resultados obtenidos que la Organización Latinoamericana de Energía expusieron en su manual de diseño, estandarización y fabricación de turbinas (OLADE, 1985), el proyecto desarrollado por la Universidad de Señor de Sipan (Gamarra, Mejia, & Parraguez, 2016) y el artículo expuesto del modelado de una turbina Michell-Banki en el XXIV° Congreso Nacional del agua (Reyna, y otros, 2013)

Para definir las condiciones de entrada y salida, es necesario formar los triángulos de velocidades (Véase Figura 3.7), en el caso de esta turbina es considerada de doble efecto debido a que al entrar el fluido sigue libremente escurriendo por el rodete hasta la descarga.

Figura 3. 7 Triangulo de velocidades.



Fuente: Elaboración propia

Se sabe que una vez obtenida la relación en la primera y segunda etapa, es posible definir la potencia transmitida en la máquina, para luego contrarrestarla con la teoría y con ellos definir una eficiencia. En la *Tabla 3.5* se muestra las relaciones de velocidad en cada etapa.

Tabla 3. 5 Relaciones para la solución de los diagramas de velocidades.

Primera Etapa	Segunda etapa
$C_1 = \text{velocidad del modelo}$	$u_3 = u_2$
$u_1 = \frac{Cu_1}{2}$	$c_3 = c_2$

$W_1 = \frac{C_1 \operatorname{sen} \alpha_1}{\operatorname{sen} (180 - \beta_1)}$	$w_3 = w_2$
$u_2 = \frac{u_1}{D_1} D_2$	$u_4 = u_1$
$W_2 = \sqrt{u_2^2 + u_1^2 + w_1^2}$	$c_4 = \frac{u_4}{\operatorname{sen} \theta} \operatorname{sen} \beta_4$
$C_2 = \sqrt{w_2^2 + u_2^2}$	$w_4 = \sqrt{u_4^2 + c_4^2}$

Fuente: Adaptado de (Reyna, y otros, 2013, pág. 8)

La velocidad absoluta de entrada del agua en el inyector para una máquina de acción está dada por:

$$C_1 = K_c \sqrt{2gH} \quad (1.16)$$

Para definir el parámetro de velocidad K_c seguiremos lo que (OLADE, 1985), propone para el diseño de una turbina Michell-Banki asumiendo un valor de 0.98. Teniendo definido este factor de diseño se utilizará una tabla que mediante pruebas se obtuvo una relación entre los ángulos α_1 y β_1

Tabla 3. 6 Relaciones del ángulo β_1 según el ángulo de entrada α_1 .

α_1	β_1
15.0	28.18
15.2	28.51
15.4	28.85
15.6	29.17
15.8	29.50
15.9	29.67
16	29.83
16.1	29.99
16.102	30.00
16.2	30.15
16.4	30.48
16.6	30.80
16.8	31.12
17	31.44

Fuente: Recuperado de (Gamarra, Mejia, & Parraguez, 2016)

El ángulo de entrada α_1 ayudará a la construcción de la turbina por lo cual se utilizara el estándar que se ha utilizado de 16°

Definidos los parámetros de diseño, se puede resolver los triángulos de velocidades.

Tabla 3. 7 Parámetros de diseño propuestos.

Parámetros de diseño propuestos	Valor
K_c	0.98
α_1	16°
β_1	29.83

Fuente: Elaboración propia

Para definir los parámetros de entrada, es necesario saber el valor de la velocidad C_1

Se obtiene la velocidad del modelo de la ecuación 1.16

$$C_1 = K_c \sqrt{2gH} \quad (1.16)$$

$$C_1 = 0.98 \sqrt{2(9.81 \frac{m}{s^2})(5m)}$$

$$C_1 = 67.975 \frac{m}{s}$$

Se tiene que

$$W_1 = \frac{C_1 \operatorname{sen} \alpha_1}{\operatorname{sen} (180 - \beta_1)} \quad (1.17)$$

$$W_1 = \frac{(67.97 \frac{m}{s}) \operatorname{sen} 16^\circ}{\operatorname{sen} (180 - 29.83)} = \frac{18.735}{0.497}$$

$$W_1 = 37.696 \frac{m}{s}$$

Se cumple

$$C_{1m} = C_1 \operatorname{sen} \alpha_1 \quad (1.18)$$

$$C_{1m} = 67.975 \operatorname{sen} 16^\circ$$

$$C_{1m} = 18.736 \frac{m}{s}$$

Por lo tanto

$$u_1 = \frac{cu_1}{2} \tag{1.19}$$

$$u_1 = \frac{18.736 \frac{m}{s}}{2}$$

$$u_1 = 9.368 \frac{m}{s}$$

Cuando se tienen los parámetros de entrada se pueden calcular las medidas del rotor, como se muestra en la tabla continua (Véase *Tabla 3.8*):

Tabla 3. 8 Parámetros de entrada.

Parámetros de entrada	Valor
C_1	$67.975 \frac{m}{s}$
W_1	$37.696 \frac{m}{s}$
u_1	$9.368 \frac{m}{s}$

Fuente: Elaboración propia

Diseño del rotor

Una turbina Michell-Banki opera en condiciones similares cuando el valor Q/\sqrt{H} es constante, también se sabe que la eficiencia de estas turbinas no varía apreciablemente en amplios intervalos de valores de Q y H.

Teniendo esta relación $\frac{Q}{\sqrt{H}} = \frac{0.2}{\sqrt{5}} = 0.089$, se determina el diámetro del rodete con la

Tabla 3.9:

Tabla 3. 9 Selección del diámetro de rodete según la relación caudal y altura.

$\frac{Q}{\sqrt{H}}$	Diámetro del rotor (D_e) (mm)
0.02236 – 0.04743	200
0.04743 – 0.0796	300
0.07906 – 0.11068	400
0.07906 – 0.15812	500

Fuente: Adaptado de (Reyna, y otros, 2013, pág. 17)

Se determina un diámetro del rodete de $D_e = 400\text{mm} = 0.4\text{m}$

Para poder definir por completo las medidas del rodete, se utilizara las especificaciones dadas por (OLADE, 1985), véase tabla 3.10

Tabla 3. 10 Dimensiones del rodete según OLADE 1985.

COTA (mm)	DIAMETRO DE RODETE – D_e (mm)			
	300	400	500	600
D_i	100	133	167	200
R_c	110	147	183	220
r	49	65	82	98

Fuente: Recuperado de (OLADE, 1985)

Para calcular el diámetro interior del rodete, en las distintas fuentes consultadas se sugiere una relación de 0.66 respecto del diámetro exterior, es decir:

$$D_i = 0.66D_e \quad (1.20)$$

$$D_i = 0.66(400\text{mm})$$

$$D_i = 264\text{mm}$$

El ancho del rotor se recomienda que debe ser de un 20 a 40% más ancho que el inyector, para que no haya perdidas de transición. Se utilizara el propuesto por (OLADE, 1985) ya que presenta un amplio rango de caudales.

El manual nos proporciona esta fórmula practica para calcular el ancho del inyector:

$$B_i = \frac{0.96 Q}{D_e \sqrt{H}} \quad (1.21)$$

$$B_i = \frac{0.96 (0.2 \frac{\text{m}^3}{\text{s}})}{(0.4\text{m})\sqrt{5\text{m}}} = \frac{0.192}{0.894}$$

$$B_i = 214.765\text{mm}$$

Con esta medida es posible calcular el ancho del rodete mediante la expresión:

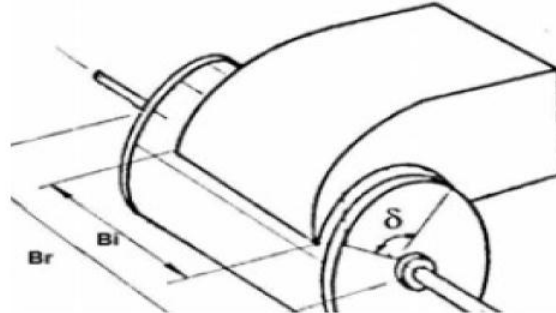
$$B_R = 1.3 B_i \quad (1.22)$$

$$B_R = 1.3 (214.765\text{mm})$$

$$B_R = 279.194\text{mm}$$

Observando la relación de estos dos elementos (Véase Figura 3.8), en donde se recomienda que sea menor del 20 a 40% al diámetro del rodete.

Figura 3. 8 Dimensiones características del inyector y rotor.



Fuente: Recuperado de (Gamarra Miranda, Mejia Vazques, & Parraguez de la Cruz, 2016)

La velocidad nominal de rotación (N) se determina por:

$$N = \frac{40 \sqrt{H}}{D_e} \quad (1.23)$$

$$N = \frac{40 \sqrt{5m}}{0.4m}$$

$$N = 223.606rpm$$

Calculo de la velocidad especifica (Ns)

$$N_s = \frac{N \cdot P^{1/2}}{H^{5/4}} \quad (1.24)$$

$$N_s = \frac{(223.606) (10.787CV^{1/2})}{(5m)^{5/4}}$$

Por lo tanto, la velocidad especifica (Ns) es:

$$N_s = 192.963$$

Para el cálculo de la potencia

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta_h \quad (1.25)$$

$$P = (1000 \frac{Kg}{m^3})(9.81 \frac{m}{s^2})(0.2 \frac{m^3}{s})(5m)(0.82)$$

$$P = 8044.2W = 10.787CV$$

Este dato nos sirve para saber si el rango de revoluciones y la velocidad específica es la recomendada por los investigadores, los datos recabados se muestran en la *Tabla 3.11* siguiente:

Tabla 3. 11 Rango de operación de las turbinas hidráulicas según Ns y Nq.

Tipo de Turbina	Nq	Ns
Turbina Pelton de 1 tobera	Hasta 9	Hasta 30
Turbina Pelton de 2 toberas	4 - 13	14 – 42
Turbina Pelton de 3 o más toberas	5 - 22	17 – 73
Turbina Michell Banki	18 - 60	60 – 200
Turbina Francis Lenta	18 - 38	69 – 125
Turbina Francis Normal	38 - 68	125 – 225
Turbina Francis Rápida	68 - 135	225 – 450
Turbina Axial	105 - 300	350 - 1000

Fuente: Recuperada de (Rodrigo, 2010)

Como se compara el rango de aplicación en donde estamos trabajando es ideal para la utilización de una turbina Michell-Banki.

Diseño del alabe

El número de alabes se puede determinar con la siguiente tabla, que está en función del diámetro del rotor:

Tabla 3. 12 Número de alabes según el diámetro del rotor.

Diámetro del rotor (mm)	Número de álabes
200	22
300	24
400	26
500	28

Fuente: (Gamarra Miranda, Mejia Vazques, & Parraguez de la Cruz, 2016)

En la construcción de la turbina algunos fabricantes recomiendan utilizar tubería. En el caso de un rodete con diámetro de 400mm se recomienda utilizar tubería de 5 pulgadas.

Dadas las Normas ASME establecidas para tuberías, un tubo de acero al carbón cedula 40 tiene un espesor de 6.55mm y un peso de 21.757 Kg por metro.

El número de alabes que reciben el fluido de agua, se define por:

$$Z_F = \frac{\delta}{360} Z \quad (1.26)$$

Para el ángulo de admisión del rotor (δ), (OLADE, 1985) recomienda que sea de 110°

Sabiendo que $Z = \text{Numero de alabe}$, los alabes por los que el agua incidirá a su entrada serán:

$$Z_F = \frac{110}{360} (26)$$

$$Z_F = 7.944 = 8 \text{ alabes}$$

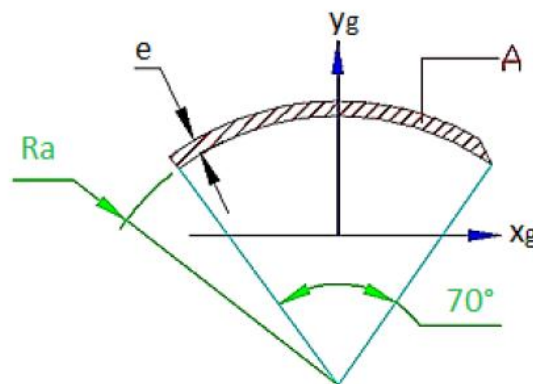
Para definir el caudal que recibe un solo alabe

$$Q_a = \frac{Q_{max}}{Z_F} \quad (1.27)$$

$$Q_a = \frac{0.2 \frac{m^3}{s}}{8} = 0.025 \frac{m^3}{s}$$

Plasmando la experiencia en manufactura de (Gamarra Miranda, Mejia Vazques, & Parraguez de la Cruz, 2016) se cita el peso del tubo a una longitud de 317.42 mm ancho del rotor y alabes, del cual a 70° de ángulo de diseño se obtiene 5 alabes, más pérdidas por cortes.

Figura 3. 9 Ángulo respecto al centro del tubo de 5" de un álabe.



Fuente: Recuperado de (Gamarra Miranda, Mejia Vazques, & Parraguez de la Cruz, 2016)

Podemos calcular el peso del alabe, con la expresión:

$$P_a = \frac{P_t \times l}{\text{Num alabes}} \quad (1.28)$$

Donde:

$P_t = 21.77$, según los valores ASME

$l = \text{Ancho del rotor}$

Entonces tenemos que:

$$P_t = 21.77 \text{Kg} \times 0.279 \text{m}$$

$$P_a = 6.078 \text{Kg} / 5 \text{alabes}$$

$$P_a = 1.215 \text{Kg}$$

Para el peso total del rotor, tenemos la expresión

$$P_{tr} = Z P_a + 75.963 N_d D_e^2 \quad (1.29)$$

Donde:

$Z = \text{Numero de alabes}$

$N_d = \text{Número de tapas}$

Se tiene entonces

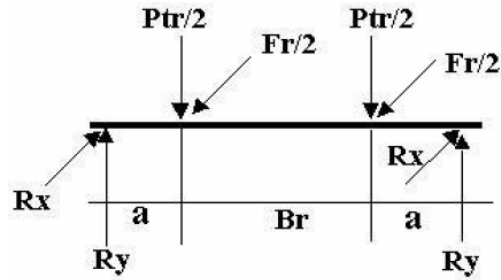
$$P_{tr} = (26)(1.215 \text{Kg}) + 75.963(2)(0.4)^2$$

$$P_{tr} = 55.998 \text{Kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 549.340 \text{N}$$

Calculo del Eje

En la figura 3.9, se muestra el diagrama de fuerzas que se generan en el eje del rotor

Figura 3.10 Diagrama de fuerzas en el eje del rotor.



Fuente: Recuperado de (Gamarra Miranda, Mejia Vazques, & Parraguez de la Cruz, 2016)

El diámetro mínimo del eje del rotor se calculó utilizando la fórmula de la ASME

$$d^3 = \frac{16}{\pi S_e} \sqrt{(K_m M_{max})^2 + (K_t T_{max})^2} \quad (1.30)$$

Donde:

K_m y K_t = Factores de diseño 1.5 y 1 respectivamente

Para determinar el torque máximo, se tiene:

$$T_{max} = 974 \frac{PT}{N} \quad (1.31)$$

$$T_{max} = 974 \frac{8.044. kW}{223.606 rpm}$$

$$T_{max} = 35.038 Pa$$

Para hallar el momento máximo

$$M_{max} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} \quad (1.32)$$

Siendo

$$M_x = \frac{F_R \cdot a}{2} \quad (1.33)$$

$$M_y = \frac{P_{tr} \cdot a}{2} \quad (1.34)$$

Donde:

a = distancia del disco a la chumacera (0.11)

Determinando F_R

$$F_R = \frac{1948 \cdot PT}{N \cdot D_e} \quad (1.35)$$

$$F_R = \frac{1948 (8.044.kW)}{(223.606rpm)(0.4)}$$

$$F_R = 89.442N$$

Por lo tanto

$$M_x = \frac{89.442N(0.11)}{2} = 4.919Pa$$

$$M_y = \frac{549.340N (0.11)}{2} = 30.213Pa$$

El momento máximo, será:

$$M_{max} = \sqrt{4.919Pa^2 + 30.213Pa^2}$$

$$M_{max} = 30.61Pa$$

Para calcular el esfuerzo de diseño

$$S_e = 0.504 \times S_u \quad (1.36)$$

$$S_e = 0.504 \times 415$$

$$S_e = 209.16MP$$

Entonces el diámetro del eje será

$$d^3 = \frac{16}{\pi(209.16MP)} \sqrt{(1.5 \cdot 30.61Pa)^2 + (1 \cdot 35.038Pa)^2}$$

$$d^3 = \frac{16}{\pi(209.16MP)} \sqrt{(1.5 \cdot 30.61Pa)^2 + (1 \cdot 35.038Pa)^2}$$

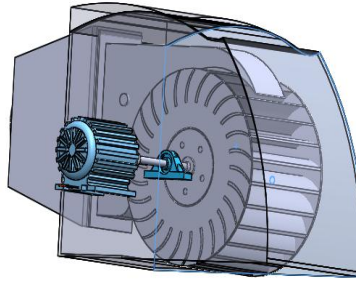
$$d = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi(209.16MP)} \sqrt{(1.5 \cdot 30.61Pa)^2 + (1 \cdot 35.038Pa)^2}}$$

$$d = 1.120cm$$

Se asumirá un diámetro del eje mínimo de 1.5cm, es decir, 15mm. Por lo cual, se seleccionó una chumacera NSK para este diámetro de eje con soporte UCP202D1, para un tornillo M10 y rodamiento JC202D1.

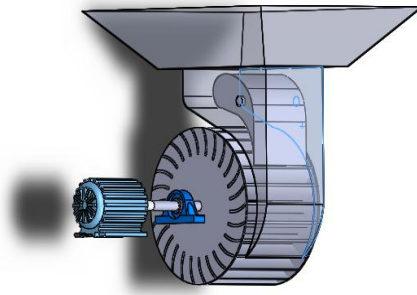
3.4 Diseño 3D del prototipo

Figura 3.11 Modelo 1 de la turbina Michell-Banki flujo horizontal.



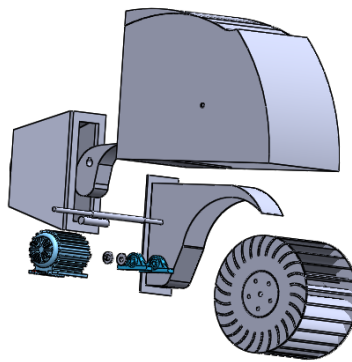
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.12 Modelo 2 de la turbina Michell-Banki flujo vertical.



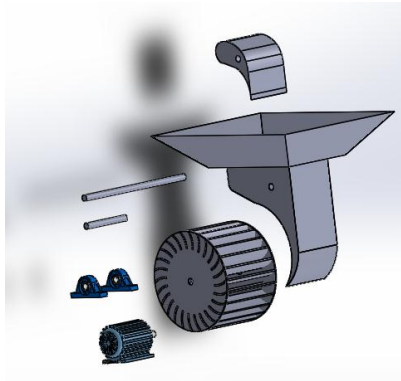
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.13 Vista explosionada turbina Michell-Banki flujo horizontal.



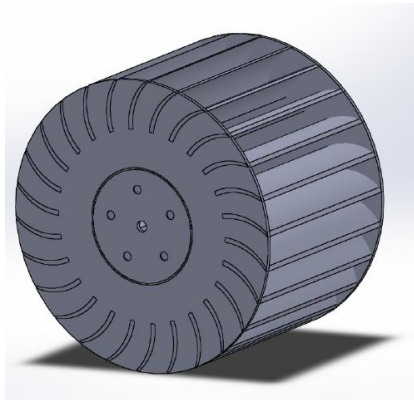
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.14 Vista explosionada turbina Michell-Banki flujo vertical.



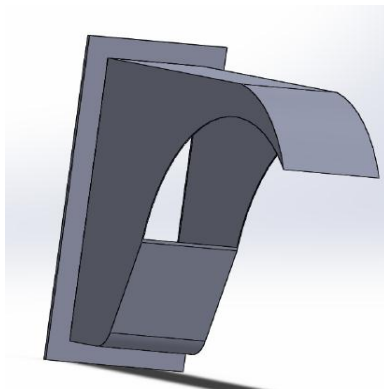
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.15 Rodete.



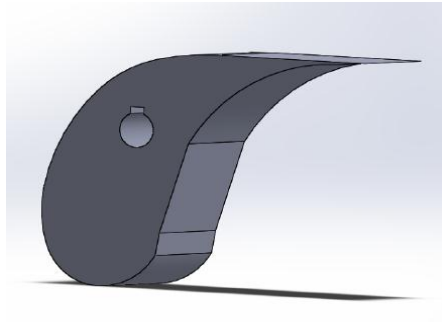
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.16 Inyector.



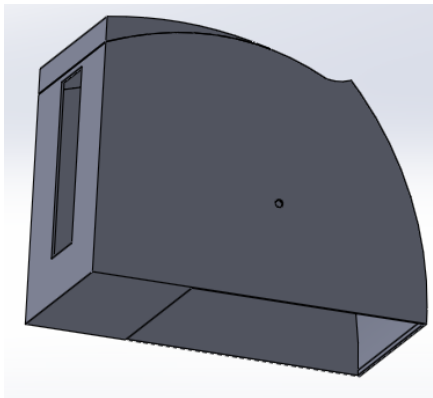
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.17 Ábabe directriz.



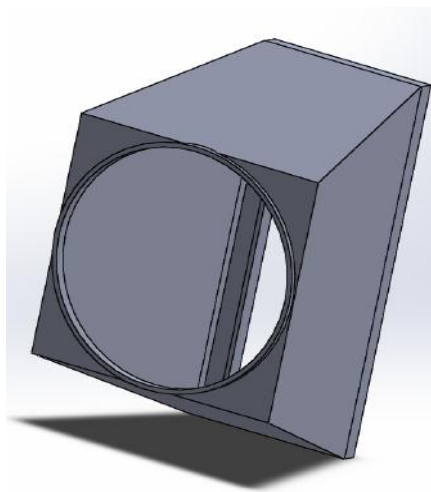
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.18 Carcasa.



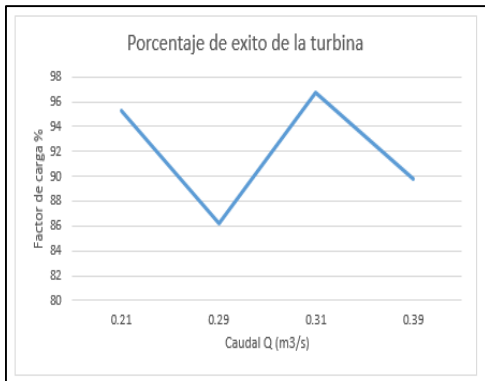
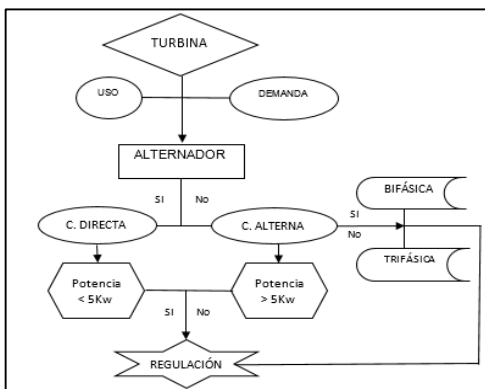
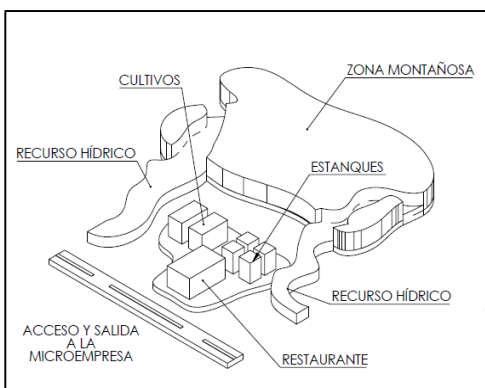
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.19 Pieza de transición.



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: BENEFICIOS DE LA MICROEMPRESA



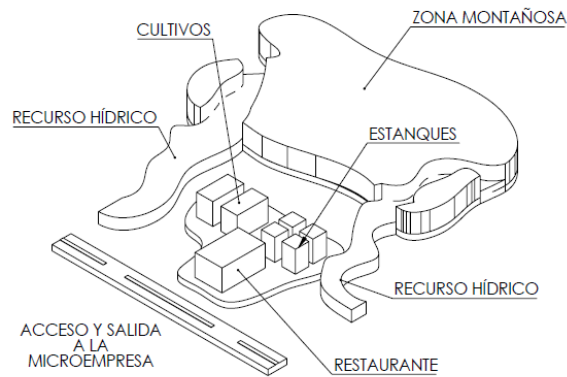
El fracaso es simplemente una nueva oportunidad para empezar de nuevo, esta vez de forma más inteligente.

Henry Ford (1863-1947)

4.1 Análisis de resultados

Como ya se ha mencionado con anterioridad, la microempresa desarrolla actividades agrícolas como sus cultivos de plantas comestibles y medicinales, agropecuarias con su criadero de peces en estanque y comerciales mediante un restaurante de comida típica de la región (Véase Figura 4.1).

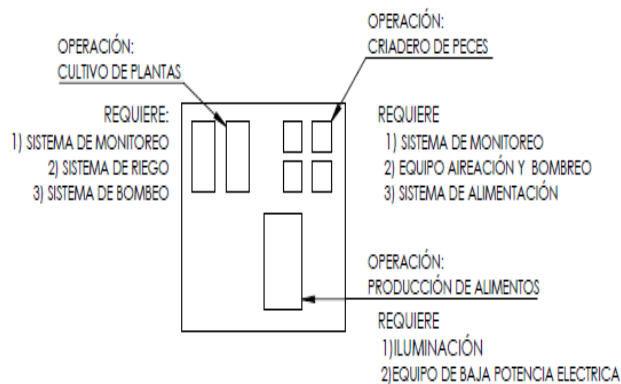
Figura 4.1 Vista topográfica de la zona.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, la Figura 4.2 muestra las operaciones que desarrolla la microempresa y las necesidades energéticas que requiere cada una de ellas.

Figura 4.2 Diagrama de operaciones.



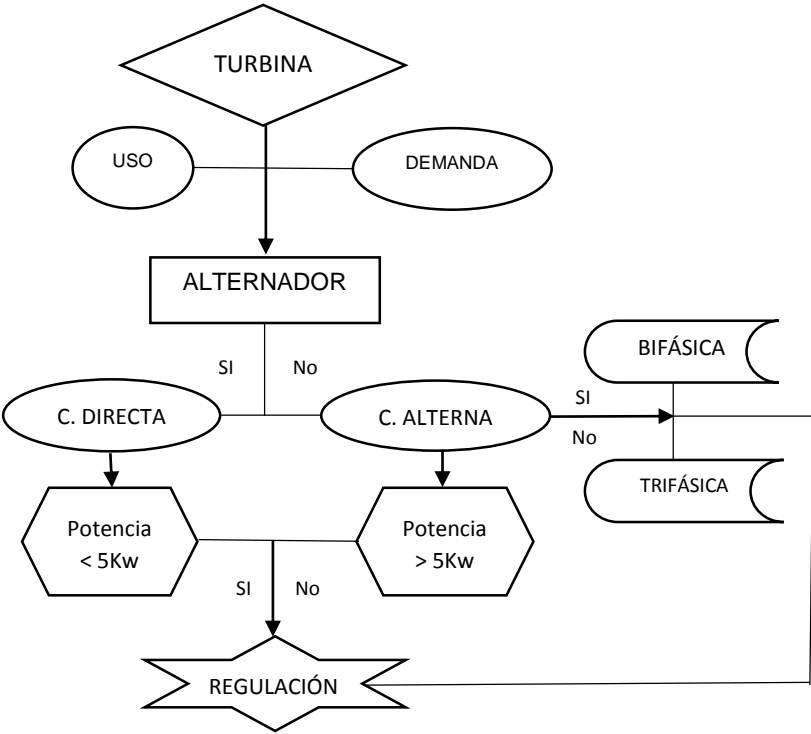
Fuente: Elaboración propia.

Debido a las condiciones de potencia y eficiencia de la turbina, no es posible cubrir con todas las necesidades energéticas; sobre todo, las que requieren mayor intensidad de potencia (trifásica, como las bombas).

Se sabe que las necesidades básicas de la microempresa no sobrepasan los 5Kw, por lo que se propone un generador síncrono bifásico de corriente alterna que se regule mediante un controlador electrónico de carga (Véase Figura 4.3).

Estimando que pueda energizar la luminaria, los sistemas de monitoreo de cultivos y el estanque, además del equipo de baja potencia para el restaurante.

Figura 4.3 Selección del generador eléctrico.



Fuente: Adaptado de (Castro, 2014)

La elección de esta mejora tecnológica no solo le permitirá a la microempresa poder contar con energía eléctrica, además reducirá significativamente el gasto de inversión que le hubiera originado el acceso a la misma con la renta de una red eléctrica o la utilización de un generador de gasolina o diésel.

Los gastos de inversión se muestran en la *Tabla 4.1*, en donde se alude a que la turbina propuesta es más accesible en costos materiales y producción, comparada con turbinas como la Paltón o Kaplan.

Tabla 4.1 Lista costos de manufactura y materiales.

Pieza	Número de elementos	Material	Fuente	Costo (\$)
Rodete	1	Placas acero Tubo 5" acero inoxidable	Aceros Fortuna	300
Inyector	1	Lamina Acero	Aceros Fortuna	100
Carcasa	1	Lamina Acero	Aceros Fortuna	250
Pieza de transición	1	Lamina Acero	Aceros Fortuna	350
Álabe directriz	1	Acero 1020	Aceros Fortuna	80
Eje del álabe	1	Acero 1018	Aceros Fortuna	45
Eje del rodete	1	Acero 1018	Aceros Fortuna	120
Soportes del eje	2	Acero 1020	Aceros Fortuna	150
Chumaceras	2		MKS	260
Generador	1		BOSCH	1200
Total				\$2855

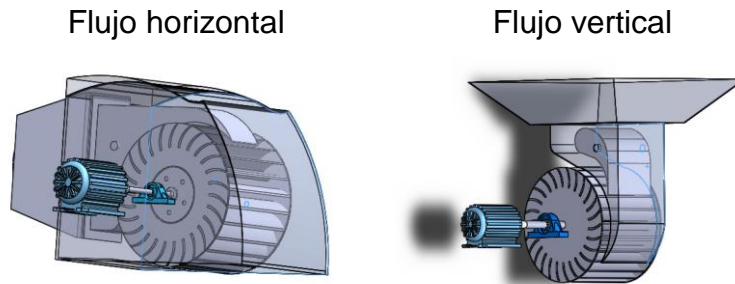
Fuente: Elaboración propia.

Se debe considerar que el generador eléctrico será el gasto más significativo para la implementación de esta fuente de energía renovable, por lo que se debe hacer una buena elección como ya se mencionó. De lo contrario, los costos de reparación e incluso llevar un técnico en una zona tan alejada significara un gasto considerable.

4.2 Identificación de mejoras

De los dos modelos propuestos (Véase Figura 4.4) se hace una comparación en cada uno de ellos destacando en la *Tabla 4.2* las ventajas y desventajas que cada uno ofrecerá en términos de rendimiento, costos y construcción.

Figura 4.4 Comparativo del Modelo 1 y 2 de la turbina Michell-Banki.



Fuente: Elaboración propia

Basándose en lo que se presenta a continuación el modelo seleccionado fue el número 2, debido a la simplicidad de la manufactura, el montaje será rápido y sencillo, por lo que de ser necesario se podrá reubicar o implementar en diferentes condiciones. Además, que se tiene la posibilidad de la implementación de un mecanismo sencillo de regulación previo que se propone un sistema viela-manivela que accione una compuerta.

Tabla 4.2 Ventajas y desventajas del Modelo 1 y 2.

Turbina Michell-Banki			
Modelo 1: Flujo horizontal		Modelo 2: Flujo vertical	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
<p>No se ve afectada por desechos de la intemperie.</p> <p>Al estar diseñada para la entrada de una tubería, la regulación del flujo será más sencilla.</p>	<p>La manufactura de la pieza de transición aumenta el costo.</p> <p>La carcasa limita el rango de aplicación.</p> <p>Se requiere de un sello hermético entre los</p>	<p>No requiere de una pieza de transición.</p> <p>Se aprovecha la caída natural del agua.</p> <p>Montaje de la turbina rápido y sencillo.</p>	<p>Puede verse afectado su funcionamiento por algún desecho en el interior.</p> <p>Se tendrá que variar el ángulo y las dimensiones del Álabes directriz.</p>

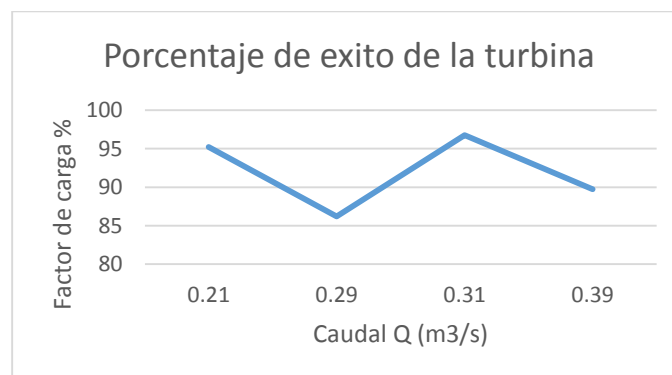
El aumento de la presión a la entrada de agua.	elementos de admisión. Se pueden presentar pérdidas de presión.	Podría implementarse un mecanismo de regulación. Puede ser reubicada con mayor facilidad.	Orientación y regulación de flujo inestable.
--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia

La eficiencia de las turbinas depende en gran parte de la geometría, la distancia, la posición y ángulos en los que se encuentren algunos componentes. Será necesario hacer pruebas de funcionamiento variando dichos factores para poder obtener la máxima eficiencia posible de la máquina, enfocando el ángulo de incidencia de entrada del agua, la dirección del alabe directriz y el diámetro de entrada de la pieza de transición.

A continuación, en la *Figura 4.5*, se muestra una gráfica en la que se obtiene el porcentaje de éxito que tendrá la turbina en función de la variación del gasto hídrico. En esta relación se involucra la relación Q/\sqrt{H} de la turbina y del proyecto. Si dicho porcentaje es menor de 100% la turbina podrá ser de utilidad. Este porcentaje representa la carga parcial con que operará la turbina cuando se satisfaga la potencia de diseño del proyecto. (OLADE, 1985)

Figura 4.5 Carga parcial de operación de la turbina.



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar el porcentaje de rendimiento en que la turbina trabajara oscila entre el 95% y 86%, valor que comparado con la literatura e investigaciones consultadas está en el rango establecido.

4.3 Recomendaciones para trabajos futuros

En este presente trabajo de investigación se hace mención en el marco conceptual de las energías renovables, debido a que en este particular análisis se observó y comprobó que las fuentes de energía renovables son muy rentables. Por lo que la implementación de otra fuente de energía para el presente caso de estudio, sería de gran utilidad.

Se propone debido a las fuentes de estadísticas consultadas, como la magnitud de vientos en México. En donde se sabe que Oaxaca es uno de los estados con más vientos durante el año. Se opte por el diseño de un sistema eólico para lograr una microempresa autosuficiente de energía limpia

Se manifiesta que la implementación de esta turbina no podrá cubrir con todas las necesidades energéticas requeridas, sin embargo, se plantea que un desarrollo más detallado de este presente trabajo podría llevar al diseño de una micro-central hidroeléctrica en un futuro. En donde será necesario hacer un estudio detallado de las condiciones hídricas y topográficas de la zona.

4.4 Conclusión

La reingeniería de procesos es una filosofía que establece un cambio radical, el cual se lograría haciendo un rediseño de los procesos tomando como base los elementos y recursos que aportan valor. Sin embargo, para lograr este cambio en ocasiones es necesario abandonar los pensamientos y actitudes anticuadas. Abriendo una perspectiva a nuevas ideas, metodologías y tecnología que no solo mantengan a la empresa en el mercado, incluso sean capaces de liderarlo. Cabe mencionar que dicho tema solo se plantea de forma somera en el presente trabajo.

La forma en que se aplicó la reingeniería, fue mediante la implementación de un pensamiento innovador que buscara una mejora tecnológica que brindara el mayor beneficio posible a la microempresa.

Al plantear las condiciones la propuesta inicial era el uso de una rueda hidráulica. Sin embargo, la reingeniería implica un cambio innovador y de beneficios inmediatos, por lo que se decide diseñar una turbina que aproveche de mejor forma el recurso hídrico de la zona.

Es una opción para llevar energía a la zona rural, de forma rentable y limpia. Debido a que se aprovechará un recurso natural que no se verá afectado en su cauce o fauna. Si bien, no se cubren todas las necesidades energéticas planeadas por la microempresa. A corto plazo se logrará energizar la luminaria, los sistemas de monitoreo de cultivos y el estanque, además del equipo de baja potencia para el restaurante.

En cuanto al diseño de la turbina Michell-Banki su ventaja principal es que se puede aplicar en grandes rangos de caudal y salto sin que varíe su rendimiento. Además de ser una opción ideal para medios rurales, debido a su simplicidad en construcción puede ser fabricada en pequeños talleres. Favoreciendo los gastos de operación y mantenimiento. Su diseño no es una labor sencilla, depende de la consulta de diversas fuentes en las cuales se exponen variables y condiciones de diseño logradas en pruebas de laboratorios y ensayos. Lo que podría afectar de manera directa a los resultados obtenidos, no de una forma considerable, pero si debe considerarse en caso particulares.

BIBLIOGRAFIA

Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino 2016: Resultados ponderados. (2016). Cifras de Sobrepeso y Obesidad en México-ENSANUT MC 2016. OMENT, Instituto Nacional de Salud Pública., Informe Final de Resultados.

Landeta, M., (2011). CALIDAD Y MEJORA CONTINUA. (1 ed), México: LID. (pp. 19-21).

Vergara, L., (2011). CUADERNILLO DE APUNTES REINGENIERÍA. (TESOEM), Estado de México. (pp. 3-5).

Álvarez., M. Corona., M. Rodríguez., M. & Moreno., S. (2010). Propuesta de Implementación de Lean Manufacturing en el departamento de embarques y taller 21 de compañía mexicana de aviación S.A de C.V. México. UPICSA

Gonzalez, F., Chamorro, A., Rubio, S., (2012). Introducción a la Gestión de la Calidad. Madrid. DELTA (pp. 6-7).

Johansson, H., McHugh, P., Pandlebury, A., Hheeler, W., (2014). Reingeniería de Procesos de Negocios México. Limusa. (pp. 20-21).

Rafoso, S., & Artilles, S., (2011). Reingeniería de procesos: conceptos, enfoques y nuevas aplicaciones. Ciencias de la Información. Cuba vol (42). Limusa. (pp. 29-37)

Johansson, H., McHugh, P., Pandlebury, A., Hheeler, W., (2014). Reingeniería de Procesos de Negocios México. Limusa. (p. 15)

Gobierno de Auditoria Interna Gneral de Gobierno, (2016). Conceptos Generales sobre enfoque de Procesos de Negocios. Gobierno de Chile. Ver. (0.2). (p. 6)

Johansson, H., McHugh, P., Pandlebury, A., Hheeler, W., (2014). Reingeniería de Procesos de Negocios México. Limusa. (p. 76)

Ionica. A., Leba. M., y Corbu. C. (2013). Professional Development – Between Reengineering and Continuous Improvement. [Desarrollo productivo entre la reingeniería y la mejora continua]. ELSEVIER, 20(332006), p. 347

Khodambashi. S., (2013). Business Process Re-Engineering Application in Healthcare in a relation to Health Information Systems. [Reingeniería de Procesos de Negocio en Salud en un Relación con los Sistemas de Información de Salud]. ELSEVIER, 9(2013), pp. 954-955

Grouard, B., & Meston, F., (2014). Reingeniería del cambio: Diez claves para transformar la empresa. Ciudad de México. Alfaomega. (pp. 35-40)

Pattanayak. S., Autor, Roy. S. (2015). Synergizing Business Process Reengineering with Enterprise Resource Planning System in Capital Goods Industry. [Sinergia de la reingeniería de procesos empresariales con el sistema de planificación de recursos empresariales en la industria de bienes de capital]. ELSEVIER, 189(2015), pp. 474-475

Ortiz, F., Ortiz, Y., & Ortiz., A. (2012). Innovación Tecnológica Incremental para la Producción Rural. Ciudad de México. Instituto Politécnico Nacional. (pp. 80-83)

Barba., E. (2011). Innovación 100 consejos para inspirarla y gestionarla. Barcelona. Libros de cabecera. (p. 100)

Foro Consultivo Científico y Tecnológico (2012). Innovación de las Empresas Innovación en las empresas Una perspectiva Microeconómica. OCDE. (pp. 37-38)

Cegarra. J., Metodología de la Investigación Científica (2011). Madrid. Instituto Superior de la Energía (pp. 52-53)

Comité Intersectorial para la innovación (2011), Innovación, Programa Nacional de Innovación. (p. 5)

Mendoza. G., & Valenzuela. A., (2013). Aprendizaje, innovación y gestión tecnológica en la pequeña empresa. Ciudad de México. UNAM Contaduría y Administración (p. 255)

Centro Europeo de Empresas e Innovación., (2013) Manual de Innovación: Guía práctica de Gestión de la I+D+i Pymes. CEEI Ciudad Real. (pp. 58-60)

Day. D., & Antonakis. J., (2012) The Nature of Leadership. [La Naturaleza de los líderes]. California. SAGE Publications. (pp.30-33)

EY-México. (2015) Ley de transición energética. México. ENERGY ALERT.

Dyer. J., Gregersen. H., Christensen. C., (2011) The Innovator's DNA Mastering The Five Skills of Disruptive Innovators [El ADN de los Innovadores: Las 5 habilidades de los innovadores Disruptivos]. Massachusetts. Harvard Business. (pp. 59-62)

McMahon, M., Valdéz, A., Cahill, C., Jankowska, A., (2011) Análisis del Estensionismo Agrícola en México. Paris. OCDE (p. 10)

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2014) La innovación en la agricultura: un proceso clave para el desarrollo sostenible. San Jose. IICA (p. 5)

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2016), En México existen 25,814 unidades de producción de agricultura protegida. GOB. (<https://www.gob.mx/siap/articulos/en-mexico-existen-25-814-unidades-de-produccion-de-agricultura-protegida?idiom=es>)

Prakash, O., Kumar, A., & Laguri, V., (2017). Performance of modified greenhouse dryer with thermal energy storage. [Rendimiento del secador para invernadero modificado con almacenamiento de energía térmica]. ELSEVIER. (2016). p. 15

Rojas., A. (2015) Los noventa: un salto en los procesos de innovación en la agricultura comercial. Facultad de Historia. UAS. (p. 137)

López., J.& Pérez., J. (2006) Evolución de las Estructuras en Invernaderos. Barcelona. Estación Experimental de la Fundación Cajamar. (sp)

Martínez., A. (2009) Control Bioclimático de un Invernadero. Colima. Facultad de Arquitectura y Diseño (pp. 18-19)

Gómez, A., Gutiérrez, C., Sánchez, A., & Teutli, M., (2017). Analysis of parameters for leachate treatment in a greenhouse system. [Análisis de parámetros para el tratamiento de aguas residuales en un sistema de invernadero]. ELSEVIER. (2017). p. 46

Cañadas, J., Sánchez, J., Sánchez, A., Rodríguez, F., & María del Águila, I., (2017). Improving automatic climate control with decision support techniques to minimize disease effects in greenhouse tomatoes. [Mejora del control climático automático con técnicas en las medidas de apoyo para minimizar los efectos adversos en los tomates de invernadero.]. ELSEVIER. (2017). p. 50

Pérez., J. López., L Romero., (2016). R. Automatización de invernaderos para cultivos hidropónicos en el Salvador. La libertad. ITCA

Valencia., A. (2016). Apuntes de Horticultura Avanzada. México. Universidad Autónoma del Estado de México

Tlahque., J. (2011) Producción Hidropónica de Lechuga don y sin Recirculación de Solución Nutritiva. México. Universidad Autónoma de Chapingo (pp. 4-20)

Restrepo., D. Díaz., J. Serna., R. Martínez., M. & Otros. (2013). Cultivo y producción de plantas aromáticas y medicinales Colombia. Universidad Católica de Oriente (pp. 13-14)

Magdalena., L. (2015). Estudio del Mercado de Plantas medicinales en el Cantón Quevedo Provincia de los Ríos. Quevedo. Universidad Técnica Nacional de Quevedo

Escamilla., B. Moreno., (2015). P. Plantas Medicinales. Veracruz. Instituto de Ecología A. C.

Chávez., C. (2016). Utilización de Hierbas Medicinales, y sus efectos en el parto, en el centro de salud Numero 1 de la Ciudad de Latacunga. Ecuador. Universidad Regional Autónoma de los Andes

Cortes., J. (2016). Elaboración de una Estrategia para el Desarrollo de Proyectos de generación de Energía Eólica en México. México. UPICSA

Suárez., G. (2015) Jardín público sustentable con energía renovable en el cantón la libertad provincia de santa Elena. Ecuador. Universidad de Guayaquil.

Velázquez P. (2010) Impacto de la Generación Eólica y Solar en el Sistema Eléctrico de Baja California Norte. México. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Zamora. B. & Viedma. A. (2016) Máquinas Hidráulica Teoría y Problemas. Cartagena. Universidad Politécnica de Cartagena.

Jutglar. L. Miranda. A. & Villarubia. A. (2011) Manual de Calefacción. Barcelona. Mocambo.

Hadzich. M. Energia Hidráulica. (2013) Peru. PUCP.

Garfias. P, Vite. E. & Vargas. E. (2013) La solución está en la energía mareomotriz. México. Centro educativo Cruz Azul

Flogeiras. J. (2012) Fuentes de energía y protocolo de Kioto en la Evolución del Sistema eléctrico de España. Oviedo. Universidad de Oviedo

REN21. (2017) Renewables 2017 Global Status Report Paris. Renewable Energy Policy Network

Pardillos. S. (2017). Manual de Energía Eólica Valencia. Universidad Politécnica de Valencia

APA: SENER. Mapa de ruta tecnológica energía eólica en tierra. (2017) México. Secretaria de Energía."

Cabrera., A. (2011). Diseño de un Sistema de Bombeo Solar – Eólico para Consumo de Agua en Cabañas Ecoturísticas en la Pitaya, Ver. Sevilla. Universidad Internacional de Andalucía. (p. 56)

Paul. C. (2013) Energías renovables no convencionales para uso domiciliario. Santiago. Universidad de Chile

Munguía., R. (2008) Mejora del rendimiento de un generador eólico asíncrono conectado a la red, mediante convertidores electrónicos y controladores de lógica borrosa. Salamanca. Universidad de Salamanca

Velázquez. S. (2010) Diseño de un Generador de eje vertical. México. Universidad Autónoma de México

Cruz., D. (2016) Evaluación de la confiabilidad de torres de aerogeneradores sujetas a viento turbulento. (México). UNAM

Eólica, A. (2017) Eólica 2017. (España). Asociación Empresarial Eólica

Reyez, F. (2013) Modelo numérico para la generación de mapas de radiación solar y su aplicación al aprovechamiento de energía solar fotovoltaica y termoeléctrica. (Las palmas). Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Sánchez. D.& Zapata. H. (2011) Libro Interactivo sobre energía solar y sus aplicaciones. (Pereira). Universidad Tecnológica de Pereira.

Style. O (2012) Energía solar Autónoma. (). ITICA.

Guerrero. M. (2012) Proyecto de factibilidad para uso de paneles solares en generación fotovoltaica de electricidad en el complejo habitacional Sana Antonio de Riobamba. (Ecuador). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Mengpin., G. Johannes., & F. Thomas. D., (2014). 6 Graphs Explain the World's Top 10 Emitters. [6 Graficas que muestran el Top 10 de emisiones mundiales]. Washington. World Resources Institute

SENER. (2016) Prospectiva de Energías Renovables. México. Secretaria de Energía.

Oswald. U. (2017) Seguridad, disponibilidad y sustentabilidad energética en México. (México). Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales.

Sonora. S. (2017) Mapa de Ruta de Energía de Sonora. México. Gobierno del estado de Sonora.

PwC. Climate., W. IMERE. & Word., W. (2013) Plan integral para el desarrollo de las energías renovables en México 2013-2018. México. SEN.

SENER. (2017). Prospectiva de Energías Renovables. México. Secretaria de Energía.

SENER. (2017). Mapa de ruta tecnológica energía solar fotovoltaica. México. Secretaria de Energía.

Villalonga., J. Energías Renovables. (2013). Buenos Aires. Fundación AVINA

Díaz., O. Cano., M. & Murphy., F. (2016). Desarrollo de energías renovables. Contexto latinoamericano y el caso argentino. KPMG International Cooperative

ANEXO

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Álabe directriz	1
2	Chumacera	2
3	Pieza de transición	1
4	Eje del álabe	1
5	Inyector	1
6	Rodete	1
7	Soporte del eje	2
8	Eje del rodete	1
9	Carcasa	1
10	Generador eléctrico	1

Si no se indica lo contrario: ACABADO: LAS COTAS SE ESPESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TORNEADO: LINEAL ANGULAR:

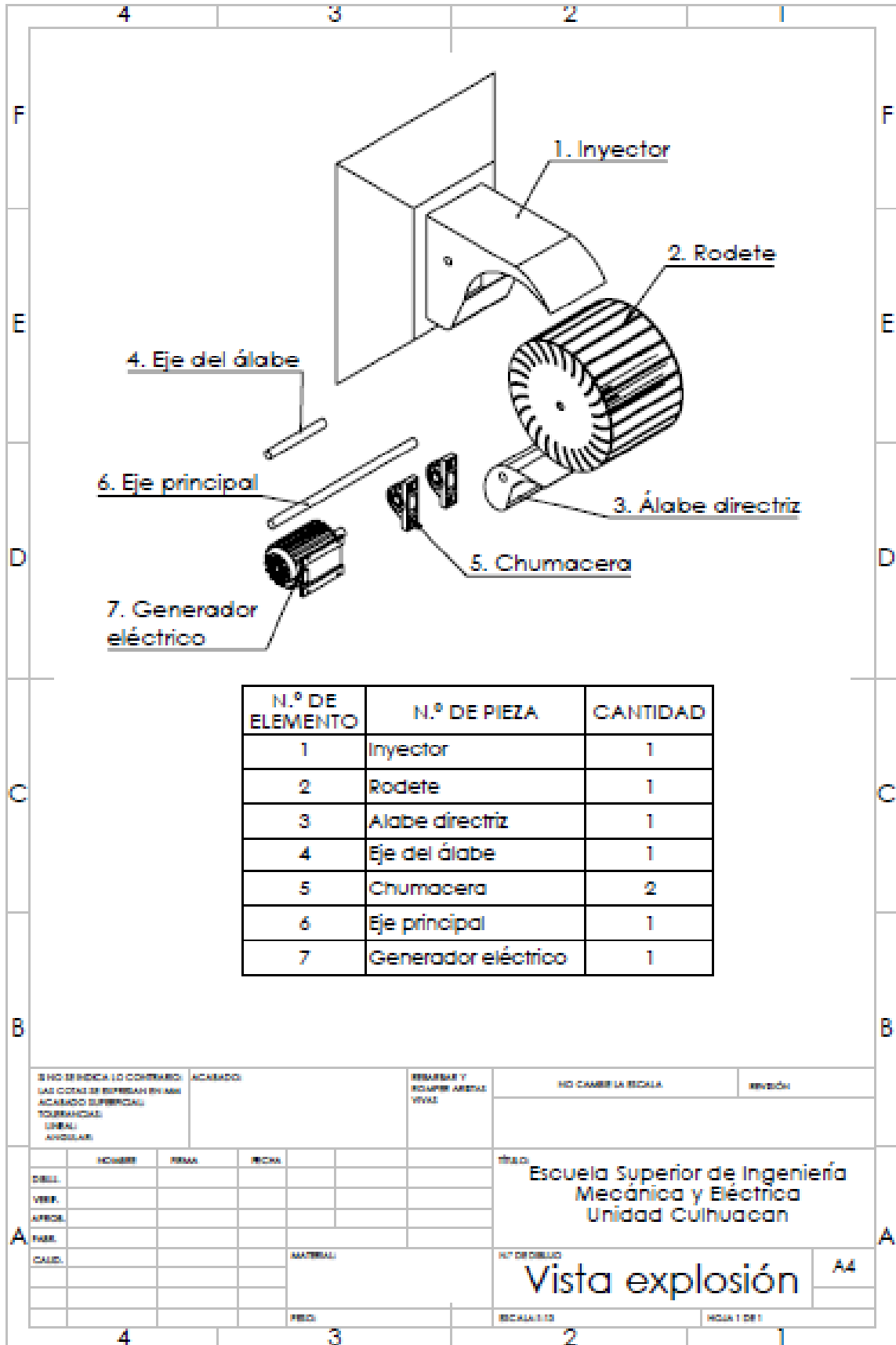
REBARBAR Y SCALPPE AREAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA REVISIÓN

ESCUELA Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Cuahuacán

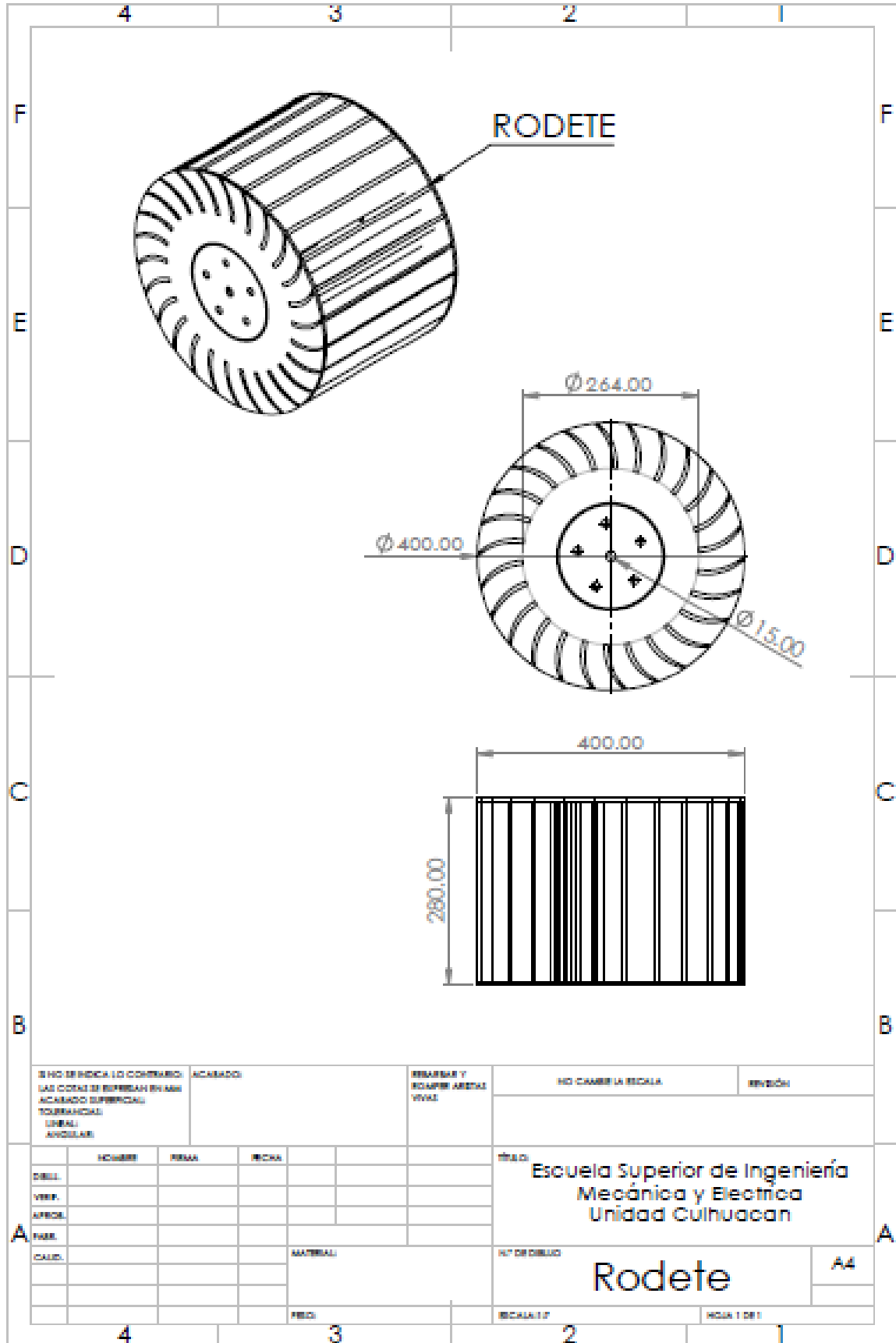
N.º DE DIBUJO: **Vista explosión** A4

ESCALA: 1:1 HOJA 1 DE 1

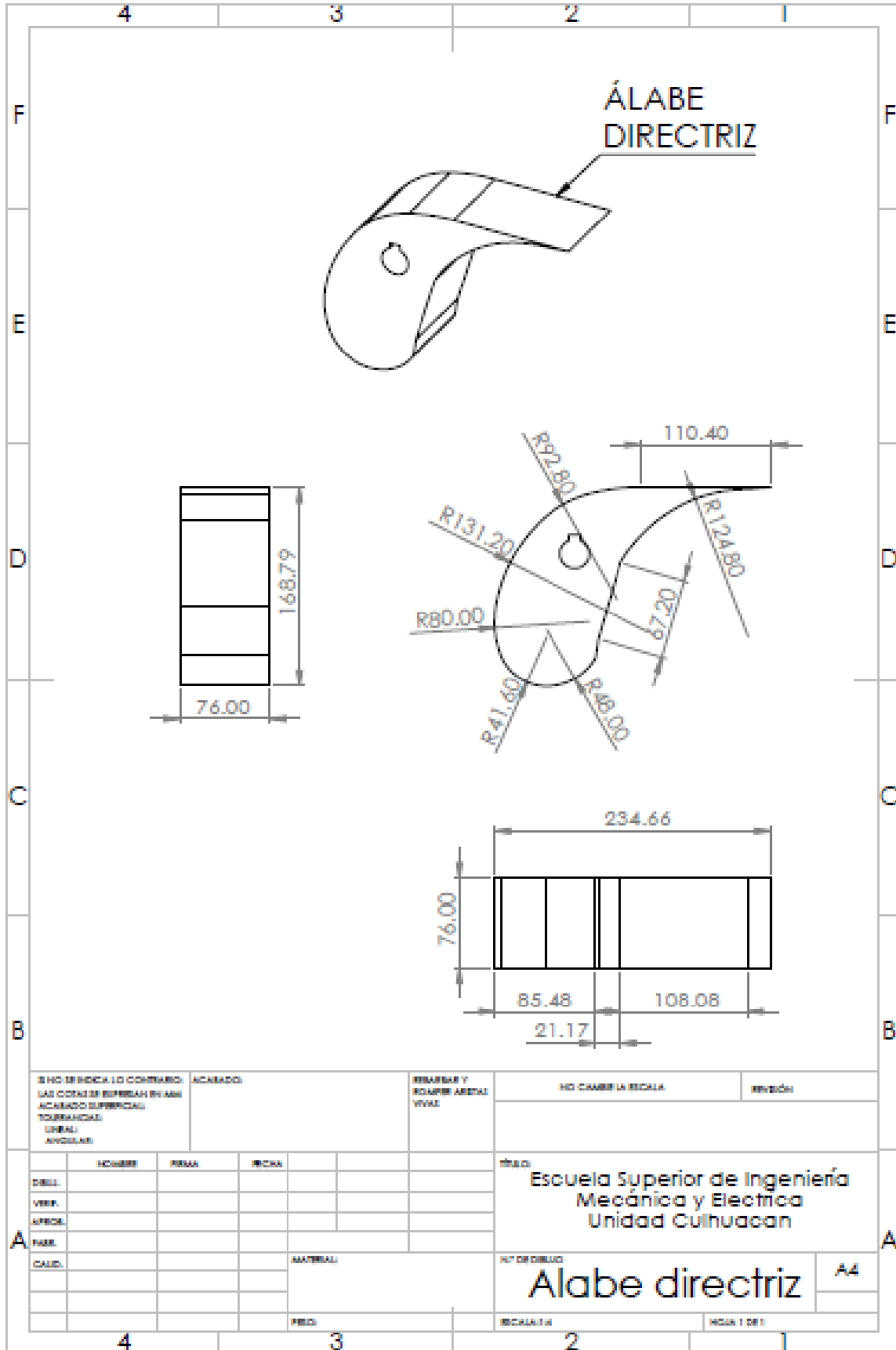


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Inyector	1
2	Rodete	1
3	Alabe directriz	1
4	Eje del álabe	1
5	Chumacera	2
6	Eje principal	1
7	Generador eléctrico	1

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE ENTENDEN EN MM ACABADO SUPERFICIAL TOLERANCIAS LINEAL ANGULAR		ACABADO:	REBARBAR Y ESQUINAR ABRISA VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DISEÑ.	VERIF.	APROB.	FECH.	INSTITUCIÓN: Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Culhuacán	
CAUD.	MATERIAL		NÚM DE DIBUJO: Vista explosión		
4		3		2	
				ESCALA 1:10	
				HOJA 1 DE 1	
				A4	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TORNAHONAL LINEAL AVISLAR		ACABADO:	REBARBAR Y SOLAPES ABREDA VIVAS		NO CAMBIA LA ESCALA	REVISIÓN
DISEÑ.	ELABOR.	REVIS.	REVIS.	TÍTULO: Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Culhuacán		
VERIF.	PROJ.	PROJ.	PROJ.			
PROJ.	PROJ.	MATERIAL:		Nº DE DIBUJO	A4	
CAUD.	CAUD.	FECH:		ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE ESPESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TORNERIA (LINEAL) ANGULAR	ACABADO:	REBARBAR Y COMPLETAR ABEDAL VIVAS	NO CAMBIA LA ESCALA	REVISIÓN
---	----------	---	---------------------	----------

DISEÑ.	REVIS.	APROB.	FECH.	INSTITUCIÓN: Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Culhuacán
VERIF.				
APROB.				
FECH.				
CALIF.				
MATERIAL:				Nº DE DIBUJO: Alabe directriz
FECH.				ESCALA: 1:1
				Hoja 1 de 1

A

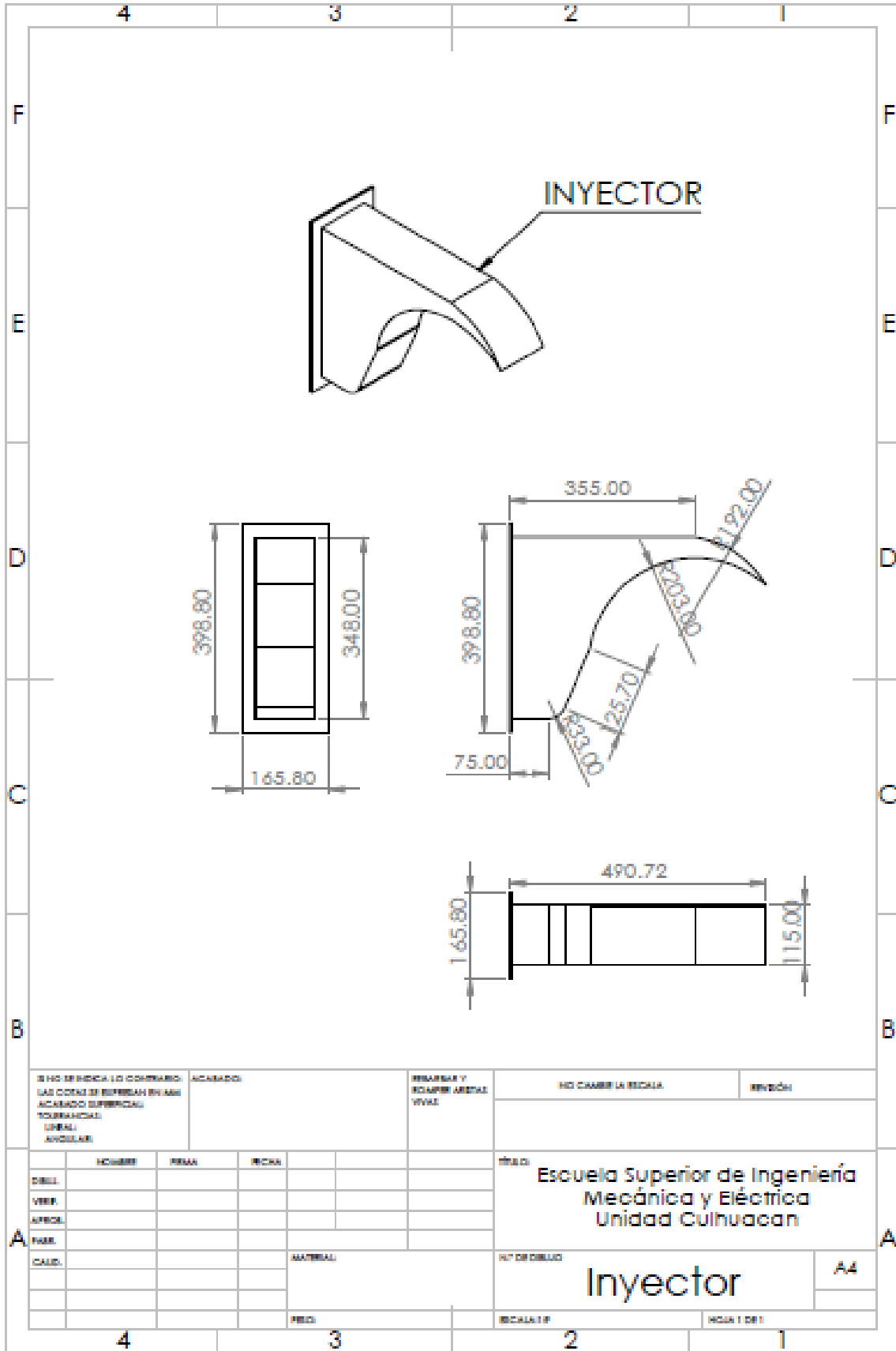
A

4

3

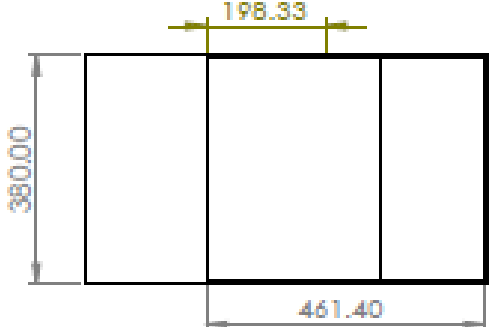
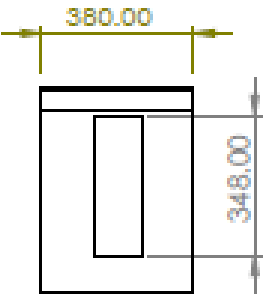
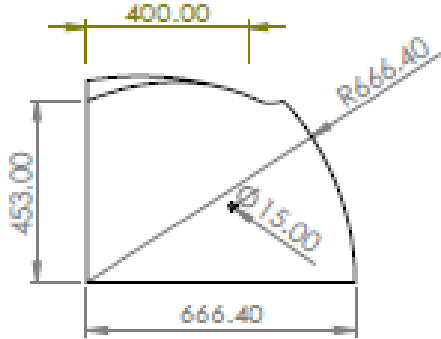
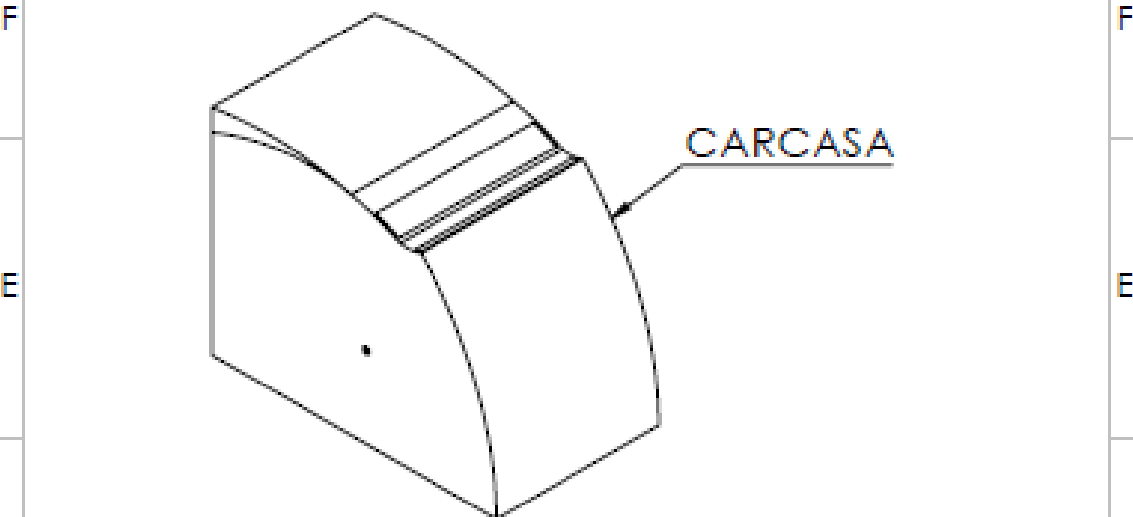
2

1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE ENTENDEN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOURNAKAL UNRAL AVUELAR		ACABADO:		REBARBAR Y RECAPER (AREAL) VIVAL		NO CAMBIE LA ESCALA		REVESIÓN	
DISEÑO VERIF. APROB. FIRM.		FECHA		ESCALA		INSTITUCIÓN: Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Culhuacán			
CALIF.		MATERIAL		N° DE DIBUJO Inyector		A4			
FECH.		ESCALA 1:1		HOJA 1 DE 1					

4 3 2 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TORNEADO LINEAL ANGULAR			ACABADO	REBARBAR Y ESCAMPIR ARENAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
ESCUELA Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Culhuacán						Nº DE DIBUJO Carcasa	
INGENIERO DISEÑO VERIF. APROB. FABR. CALIF.			MATERIAL		ESCALA 1:1		HOJA 1 DE 1 A4
4			3		2		1

4 3 2 1

