



Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco
División de Ingeniería Industrial

**“Diseño y prototipo de un probador para un
hidrogenerador para descargas pluviales”**

Tesis

Que para obtener el título de:

Ingeniero industrial

Presenta:

León Dorantes Jesús

Dirigida (Tesis): Ing. José Alberto Cruz Romero

Tianguistenco, Estado de México, Abril 2026

Agradecimientos

Primeramente quiero dar gracias a Dios por la vida de mis padres, también porque cada día bendice mi vida con la hermosa oportunidad de estar y disfrutar a lado de las personas que sé que más me aman, gracias a mis padres, por su inquebrantable apoyo, amor y confianza a lo largo de mi formación académica, gracias a mi madre por estar dispuesta a acompañarme cada larga y agotadora noche de estudio, a mi padre por siempre desear y anhelar lo mejor para mi vida , gracias por cada consejo, cada palabra y sacrificio que han sido aliento y el pilar fundamental para alcanzar esta grandiosa meta .

Gracias a mis hermanos que han sido también pieza fundamental en este trayecto tan importante de vida, por generarme esa confianza y creer en mí infinitamente.

A mis profesores de la carrera por sentar las bases teóricas y prácticas que me permitieron enfrentar los desafíos de esta investigación.

A mis amigos, por los momentos compartidos, el apoyo mutuo y las discusiones constructivas que enriquecieron mi perspectiva y me motivaron a seguir adelante.

Al Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco por brindarme el espacio, los recursos y la oportunidad de crecer como profesional y como persona.

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo el diseño y desarrollo de un prototipo de probador para un hidrogenerador aplicado a descargas pluviales, con la finalidad de aprovechar la energía cinética del agua de lluvia como una fuente alternativa de energía renovable. La investigación surge ante la problemática de la baja eficiencia de los calentadores solares durante temporadas de lluvia, donde la radiación solar es insuficiente para mantener el suministro constante de agua caliente.

Para abordar esta situación, se propone un sistema complementario que permita generar energía eléctrica a partir del flujo de agua pluvial, la cual será utilizada como respaldo energético. El desarrollo del prototipo se llevó a cabo mediante la metodología PDCA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar), permitiendo estructurar el diseño, construcción, validación y mejora continua del sistema.

Se utilizaron herramientas de diseño asistido por computadora (CAD), así como simulaciones y pruebas experimentales controladas para evaluar variables como caudal, altura, voltaje y potencia generada. Los resultados obtenidos demuestran la viabilidad del sistema, evidenciando que es posible generar energía suficiente para apoyar el funcionamiento de un calentador solar.

Finalmente, el proyecto contribuye al desarrollo de soluciones sostenibles, promoviendo el aprovechamiento de recursos naturales y la reducción del uso de energías convencionales.

Indice

CAPITULO 1. GENERALIDADES	11
1.2 Planteamiento Del Problema.	13
1.3 Justificacion	15
1.4 Objetivo General.....	16
1.4.1 Objetivos Especificos.	16
1.5 Alcances.	17
CAPITULO II. MARCO TEORICO.....	19
2.1 PDCA	20
2.1.2 Uso del PDCA.....	21
2.1.3 Aplicación	21
2.1.4. Ventajas y limitaciones.....	22
2.1.5. Ejemplo breve de aplicación (esquema)	23
2.2 Diagrama de Ishikawa.....	23
2.2.1 Función	23
2.2.2 Elementos Del Diagrama.....	23
2.2.3 Ejecución	24
2.2.4 Priorización y plan de acción.....	24
2.2.5 Beneficios del Diagrama de Ishikawa	24

2.3 Software CAD	25
2.3.1 Funciones principales del software CAD.....	25
2.3.2 Modelado 2D	25
2.3.3 Modelado 3D	25
2.3.4 Parametrización Y Edición Inteligente.....	26
2.3.5 Simulación E Ingeniería Asistida Por Computadora (CAD).....	26
2.3.6 Documentación Técnica Automática	26
2.3.7 Usos Del Software CAD	27
2.3.8 Ingeniería mecánica.....	27
2.3.9Arquitectura Y Construcción	27
2.3.10 Manufactura.....	27
2.3.11 Automotriz Y Aeroespacial.....	27
2.3.12 Educación Técnica Y Universidades.....	27
2.4 AutoCAD	27
2.4.2 Características Principales	28
2.4.1 Usos Comunes	28
2.5 Autodesk Inventor	28
2.5.1 Características Principales	29
2.5.2 Usos Comunes	29
2.5.3 Beneficios Generales Del Uso De Software CAD.....	29

2.5.4 Mayor Precisión	29
2.5.5 Integración Digital	30
2.5.6 Productividad Mejorada	30
2.5.7 Mejora En Comunicación Y Documentación	30
2.6 Hidrogenerador	30
2.6.1 Tipos De Probadores	30
2.6.2 Función del hidrogenerador	31
2.7 Energía Renovable.....	32
2.7.1 Finalidad de la energía renovable	33
2.7.2 Características de la energía renovable	33
CAPITULO III. ESTADO DEL ARTE	35
3.1.1 Estudio Del Arte	36
3.1.2 Pruebas De Prototipos	39
3.1.2 Prueba De Conceptos De Prototipos De Un Probador:	39
3.1.3 Diferentes Tipos De Probarores	40
3.2 Avances en sistemas de generación de energía	41
3.2.1 Tecnologías emergentes en la recolección de energía pluvial	41
3.2.2 Ventajas y Desafíos:.....	41
3.2.3 Innovaciones experimentales:.....	42
3.3 Variables críticas en el diseño y operación de un hidrogenerador.....	42

3.3.1 Variables eléctricas	42
3.4 Variables operativas	43
3.5 Variables de diseño y configuración.....	43
3.6 Variables de monitoreo para un hidrogenerador	44
3.6.1. Variables de Monitoreo del hidrogenerador	44
CAPITULO IV. METODOLOGIA.....	46
CAPITULO V. RESULTADOS.....	51
5.1 Descripcion De Las Actividades	52
5.1.2 Planificar	52
5.1.3 Hacer.....	54
5.1.4 Verificar.....	66
5.1.5 Actuar	67
5.1.6 Competencias desarrolladas.....	79
5.1.7 Conclusiones	81
5.1.8 Recomendaciones	82
5.1.9 Glosario	84
5..2 Bibliografias.....	88

Indice de Figuras

FIGURA 1 METODOLOGIA	50
FIGURA 2 DIAGRAMA ISHIKAWA (AUDITORIA PROPIA).	52
FIGURA 3. DISEÑO DE TUBULAR ZINTRO RIEL(AUDITORIA PROPIA).	54
FIGURA 4. CARRETILLA REFORZADA DE 4 RUEDAS DE ACERO (AUDITORIA PROPIA).	55
FIGURA 5. RECIPIENTE DE AGUA DE 10 L (RECUPERADA DE MERCADO LIBRE).....	56
FIGURA 6. PRESURIZADOR PARA AGUA (RECUPERADA DE MERCADO LIBRE).	56
FIGURA 7. TUBULAR DE PVC DE 2 IN (RECUPERADA DE MERCADO LIBRE).....	57
FIGURA 8. CAUDALIMETRO (RECUPERADA DE MERCADO LIBRE).	57
FIGURA 9. CARRETILLA REFORZADA DE 4 RUEDAS DE ACERO (RECUPERADA DE MERCADO LIBRE).	58
FIGURA 10. TUBULAR ZINTRO RIEL 1.1/4 x 1.1/2 (RECUPERADA DE MERCADO LIBRE).	58
FIGURA 11. CODO DE PVC DE 2 INCH (RECUPERADA DE MERCADO LIBRE).....	58
FIGURA 12. PEGAMENTO PARA PVC (RECUPERADA DE MERCADO LIBRE).	59
FIGURA 13. SOFTWARE PARA EL REGISTRO DE RESULTADOS (AUDITORIA PROPIA).	60
FIGURA 14. CODIGO DE LA ALTURA A CONSIDERAR (AUDITORIA PROPIA).	61
FIGURA 15. CODIGO DE LA VELOCIDAD DEL AGUA (AUDITORIA PROPIA).	62
FIGURA 16. CODIGO DE LA TEMPERATURA EN LA QUE SE ENCUENTRA EL AGUA (AUDITORIA PROPIA).	63
FIGURA 17. CODIGO DE LA ENERGIA GENERADA (AUDITORIA PROPIA).	64
FIGURA 18. COMPARATIVA DE SOFTWARE CAD (AUDITORIA PROPIA).	65
FIGURA 19. DISEÑO ASISTIDO EN AUTOCAD (AUDITORIA PROPIA).	66
FIGURA 20. SOFTWARE PARA EL REGISTRO DE RESULTADOS (AUDITORIA PROPIA).	66

FIGURA 21. DISEÑO DE PROTOTIPO (AUDITORIA PROPIA).....	67
FIGURA 22. CORRECCION DE PROTOTIPO (AUDITORIA PROPIA).....	68
FIGURA 23. ORIFICIOS PARA UNIONES (AUDITORIA PROPIA).....	70
FIGURA 24. COLOCACION DE LLAVE DE PASO (AUDITORIA PROPIA).....	70
FIGURA 25. CONEXION DE CODO (AUDITORIA PROPIA).....	71
FIGURA 26. COLOCACION DE SOPORTES (AUDITORIA PROPIA).....	71
FIGURA 27. CONECCION PARA CODO DE 1/2 IN (AUDITORIA PROPIA).....	72
FIGURA 28. TUBULAR DE 10 CM (AUDITORIA PROPIA).	72
FIGURA 29. PRUEBA DE AGUA (AUDITORIA PROPIA).	73
FIGURA 30. COLOCACION DE SILICON (RECUPERADA DE MERCADO LIBRE).	73
FIGURA 31. PERFORACION PARA CONECTOR (AUDITORIA PROPIA).....	74
FIGURA 32. CONEXION DE TAPA A TAPA (AUDITORIA PROPIA).	74
FIGURA 33. PROTOTIPO TERMINADO (AUDITORIA PROPIA).....	75
FIGURA 34. COMPONENTES DE TURBINA (AUDITORIA PROPIA).	75
FIGURA 35. GENERADOR Y BALEROS PARA TURBINA (AUDITORIA PROPIA).	76
FIGURA 36. PRUEBAS DE TURBINA (AUDITORIA PROPIA).	76
FIGURA 37. TURBINA IMPRESA EN PTG (AUDITORIA PROPIA).	77
FIGURA 38. TURBINA IMPRESA EN PTG (AUDITORIA PROPIA).	77
FIGURA 39. TURBINA CON GENERADOR POSICIONADO EN EL PROTOTIPO (AUDITORIA PROPIA).	78

Indice de Tablas

TABLA 1. ESTUDIO DEL ARTE.....	36
TABLA 2. MONITOREO DEL HIDROGENERADOR.....	45
TABLA 3. VARIABLES DE MEDICION	60
TABLA 4. COSTOS A UTILIZAR.	68
TABLA 5. COMPETENCIAS DESARROLLADAS.	79

CAPITULO 1.

GENERALIDADES

1.1 Introduccion

El proyecto de generación de energías renovables permitió la implementación de un prototipo útil para la generación de energía eléctrica sin impactar el medioambiente y la prueba piloto se realizará para la eficiencia de agua caliente en calentadores solares. El prototipo implementado se denominó prototipo de un probador para un hidrogenerador para descargas pluviales, puesto que este mismo genera energía eléctrica mediante el uso de una turbina hidráulica de baja potencia, por lo cual esta tecnología permite el aprovechamiento de energía generada a travez de las descargas pluviales. Este proyecto se centra en una solución innovadora para que esta intermitencia sea el aprovechamiento de la energía cinética del agua de lluvia, por lo cual se propone el diseño de un prototipo de un probador capaz de convertir esta energía en electricidad. La electricidad generada se utilizaría para alimentar un generador eléctrico, garantizando así un suministro constante de energía.

Un prototipo es una versión o modelo preliminar de un producto, sistema o concepto, creado para probar y demostrar su funcionalidad, diseño y características. Suele desarrollarse en las primeras etapas de un proyecto para visualizar y validar ideas antes de iniciar la producción o el desarrollo a gran escala.

1.2 Planteamiento Del Problema.

Año con año se genera la problemática sobre el uso de los calentadores solares, lo cual sabemos que en tiempos de lluvia (Mayo - Noviembre) no siempre existe esa energía la cual hace que los calentadores solares generen la suficiente agua caliente.

Por lo cual, una vez teniendo en cuenta esa problemática se optó por realizar el diseño y prototipo de un probador para un hidrogenerador para descargas pluviales, el cual nos permitirá que a través de un sistema de captación y un prototipo se genere la suficiente energía la cual se utilizara para mantener constantemente agua caliente en nuestro calentador solar.

1. Algunos de los problemas que se buscan resolver con el proyecto del prototipo son:

- Deficiencias en la usabilidad del mismo, lo cual puede provocar frustración al usuario, lo que podría afectar a la satisfacción de quien lo adquiriera.
- Así mismo pueden surgir problemas de bajo rendimiento, lo que se refiere a que al momento de ser instalado el prototipo no genere la función por la cual se está diseñando.

El desaprovechamiento de un recurso energético como lo es el agua de lluvia que se recolecta y posee una energía potencial y cinética que generalmente se desperdicia, se optó por desarrollar el prototipo de un probador para hidrogenerador el cual es crucial para poder probarlo bajo condiciones controladas que imiten la naturaleza y así tener una variable del flujo de lluvia, este prototipo no existen en el mercado de prueba comerciales diseñados específicamente, pues esta aplicación dificulta la validación, optimización y comparación de diferentes prototipos de generadores.

Por lo tanto, el problema a resolver es la falta de un dispositivo de prueba estandarizado que permita el diseño y la validación eficientes de un hidrogenador para descargas pluviales, el cual serviría como un sistema de respaldo energético limpio para un calentador solar.

1.3 Justificacion

El desarrollo de un probador para un hidrogenerador aplicado a descargas pluviales responde a la necesidad de contar con un sistema confiable que permita evaluar la factibilidad y el rendimiento de tecnologías de generación de energía sustentable.

En el desarrollo de este proyecto se justifica desde varias perspectivas fundamentales

Sostenibilidad Ambiental: Al aprovechar la energía cinética del agua de lluvia para generar electricidad mediante un hidrogenerador de baja potencia, se elimina la dependencia de la red eléctrica o del gas para el respaldo del calentador solar, logrando una reducción directa de las emisiones de gases de efecto invernadero y fomentando la gestión eficiente del agua.

Innovación y Viabilidad Tecnológica: El diseño y construcción del prototipo de un probador no solo valida la factibilidad de esta microgeneración pluvial, sino que establece una metodología rigurosa (PDCA) para la aceleración y optimización de futuras turbinas, utilizando tecnologías accesibles como la Impresión 3D. Esto lo convierte en una contribución técnica significativa para el desarrollo de la micro-hidrogeneración urbana.

Beneficio Económico y Operacional: El sistema crea una sinergia energética perfecta (Sol + Lluvia), garantizando un suministro constante y autónomo de agua caliente incluso bajo condiciones adversas. A largo plazo, esta autonomía se traduce en ahorros económicos significativos al reducir drásticamente el consumo de gas o electricidad de la red, mejorando la confiabilidad y el retorno de inversión de los sistemas solares térmicos.

En esencia, el proyecto se justifica como una solución integral que transforma un desafío climático (la lluvia) en una ventaja energética para crear un sistema de agua caliente más robusto, ecológico y económicamente viable.

1.4 Objetivo General.

Desarrollar el diseño y prototipo de un probador para un hidrogenerador, utilizando la metodología PDCA.

1.4.1 Objetivos Especificos.

1. Búsqueda de información para el probador de un hidrogenerador para identificar el producto similar, analizar e identificar posibles problemas de los ya existentes.
2. Seleccionar y especificar los materiales e instrumentos adecuados para la construcción del prototipo, integrando herramientas de diseño asistido por computadora (CAD) para modelar y simular el prototipo
3. Realizar un VSB mediante el software Excel para registrar resultados del prototipo.
4. Construir el prototipo del probador, integrando los componentes necesarios para simular el funcionamiento real del hidrogenerador.
5. Validar el prototipo mediante pruebas experimentales, comparando los resultados obtenidos con los valores teóricos y estableciendo

1.5 Alcances.

Impacto Social:

El proyecto promoverá el acceso a tecnologías sostenibles al aprovechar el agua pluvial como fuente de energía. Esto contribuye a mejorar la calidad de vida de la sociedad al generar electricidad para mantener el agua caliente en sistemas de calentadores solares, reduciendo la dependencia de energías convencionales y fomentando una cultura de aprovechamiento responsable de los recursos naturales.

Impacto Ambiental:

La implementación del prototipo nos ayudara a sustituir parcialmente el uso de combustibles fósiles con energía renovable generada a partir de las descargas pluviales. Además, no ayudara a fomenta el aprovechamiento integral del agua de lluvia, disminuyendo el desperdicio y fortaleciendo de la transición hacia prácticas de bajo impacto ambiental.

Impacto técnico:

El diseño del probador permitirá evaluar y optimizar el desempeño de un hidrogenerador en condiciones reales de descarga pluvial. Esto aporta datos experimentales valiosos que sirven para validar cálculos de eficiencia, seleccionar materiales adecuados y proponer mejoras técnicas que aumenten la confiabilidad y escalabilidad de futuros sistemas de generación hidroeléctrica a pequeña escala.

Impacto Profesional:

El desarrollo del prototipo impulsa a la formación de competencias en ingeniería, innovación y gestión de energías renovables. Por lo cual profesionalmente se adquiera experiencia en diseño, pruebas experimentales y análisis de resultados, lo que fortalece mi perfil técnico y lo

posiciona como agentes de cambio capaces de proponer soluciones sostenibles y replicables en otros contextos energéticos.

CAPITULO II.

MARCO TEORICO

El presente marco teórico aborda el contexto conceptual necesario para el Diseño y Prototipo de un Probador para un Hidrogenerador para Descargas Pluviales, centrándose en la integración de la metodología PDCA así como las diferentes herramientas que se utilizaron como pilares para su óptimo funcionamiento.

Para llevar a cabo el proyecto, se utilizó la metodología PDCA, en la cual se organizaron las actividades de acuerdo con los términos de la misma.

En base a las variables para el monitoreo de un hidrogenerador se optó por hacer uso de el software Excel (macro) como base para el buen funcionamiento del mismo, el cual nos permitira el registro de los resultados del prototipo.

Esta automatización ayudara a monitorear el indicador de desempeño clave en la gestión de resultados. La macro funciona como un mecanismo de "Actuar" dentro del ciclo PDCA, garantizando una respuesta eficiente ante la necesidad para el monitoreo y captación de datos.

2.1 PDCA

La metodología PDCA, también conocida como ciclo de Deming o PHVA, es un modelo sistemático de mejora continua que se basa en cuatro etapas secuenciales: planificar, hacer, verificar y actuar. Este enfoque fue desarrollado a partir de los trabajos de Walter A. Shewhart y posteriormente difundido por W. Edwards Deming, quien promovió su aplicación en los sistemas de gestión de calidad para el control y mejora de procesos productivos y administrativos (Montesinos González, 2020).

2.1.2 Uso del PDCA

El ciclo PDCA se utiliza principalmente para mejorar de manera continua los procesos organizacionales, permitiendo identificar problemas, implementar soluciones, evaluar resultados y estandarizar mejoras. Es ampliamente aplicado en industrias, instituciones educativas, servicios de salud y sistemas de gestión de calidad, ya que facilita la toma de decisiones basada en datos y promueve la optimización de recursos (Hernández-Ortega, 2022).

2.1.3 Aplicación

A continuación se tiene el detalle práctico de cada fase, con recomendaciones:

A) Plan (Planificar)

- El problema u oportunidad de mejora.
- Definir objetivos claros y medibles (por ejemplo: reducir tiempo de entrega un 20%).
- Recopilar y analizar datos para entender la situación actual (línea base).
- Diseñar un plan de acción que incluya actividades, responsables, recursos y criterios de éxito (KPIs).

(Recomendación: usar herramientas como diagramas causa-efecto, 5 porqués, análisis de Pareto).

B) Do (Hacer)

- Implementar el plan a pequeña escala (prueba piloto o experimento controlado).
- Documentar todo el proceso y datos recogidos durante la implementación.
- El objetivo es probar si la solución propuesta funciona en condiciones reales con bajo riesgo.

C) Check (Verificar / Chequear)

- Medir y comparar los resultados frente a los objetivos y la línea base.
- Analizar los datos para determinar si hubo mejora y si las causas identificadas fueron efectivas.
- Revisar desviaciones y aprender lecciones (¿qué funcionó, qué no?).

D) Act (Actuar)

- Si la solución funciona: estandarizarla (documentar procedimientos, capacitar personal) e integrarla al proceso.
- Si no funciona: ajustar el plan (volver a Plan) o descartar la solución e investigar alternativas.
- Repetir el ciclo para iterar mejoras continuas. (UAEH)

Nota práctica: PDCA es cíclico — llegar a “Act” no significa fin; es el punto de partida para un nuevo ciclo con objetivos más ambiciosos o ajustes.

2.1.4. Ventajas y limitaciones

Ventajas

- Facilita la mejora continua y basada en datos.
- Permite probar soluciones a pequeña escala minimizando riesgos.
- Es aplicable a múltiples sectores: industria, servicios, salud, educación, administración.

Limitaciones

- Requiere compromiso gerencial y tiempo para iteraciones.
- No es óptimo para problemas que requieren respuesta inmediata (crisis).

2.1.5. Ejemplo breve de aplicación (esquema)

- **Plan:** detectar que el tiempo de facturación es excesivo (meta: reducir 30% en 3 meses).
- **Do:** probar un flujo automatizado en un departamento piloto durante 2 semanas.
- **Check:** medir tiempos, errores y satisfacción del personal; comparar con línea base.
- **Act:** si mejora, estandarizar procedimiento y desplegar en toda la organización; si no, ajustar y repetir.

2.2 Diagrama de Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de causa-efecto o diagrama de espina de pescado, es una herramienta gráfica utilizada para identificar, organizar y analizar las posibles causas que originan un problema específico. Esta herramienta permite visualizar de manera estructurada la relación entre un efecto y sus posibles causas, facilitando el análisis sistemático de problemas complejos y apoyando la toma de decisiones en procesos de mejora continua (Montgomery, 2020).

2.2.1 Función

El Diagrama de Ishikawa se utiliza para identificar las posibles causas que generan un problema dentro de un proceso, producto o servicio. Esta herramienta es ampliamente empleada en la gestión de calidad para analizar fallas, errores o desviaciones, permitiendo que los equipos enfoquen sus esfuerzos en las causas reales y no solo en los síntomas del problema (Secretaría de Salud, 2024).

2.2.2 Elementos Del Diagrama.

Efecto (problema central): en la cabeza del “pez”.

El diagrama se compone de una línea central que representa el problema o efecto, y varias ramas principales que simbolizan las categorías de causas. En el ámbito industrial, comúnmente se utilizan las 6 M: Mano de obra, Método, Maquinaria, Materiales, Medición y Medio ambiente, aunque estas categorías pueden adaptarse según el contexto del análisis (Secretaría de Salud, 2024).

2.2.3 Ejecución

El primer paso consiste en definir claramente el problema que se va a analizar, el cual se coloca en la “cabeza” del diagrama. Una definición clara y específica del problema es fundamental para que el análisis sea efectivo y orientado a resultados (Secretaría de Salud, 2024).

Una vez definidas las categorías, el equipo de trabajo realiza una lluvia de ideas para identificar todas las causas posibles relacionadas con el problema. Estas causas se colocan como subramas del diagrama, permitiendo profundizar en el análisis y detectar relaciones entre los distintos factores involucrados (Paredes, 2023).

2.2.4 Priorización y plan de acción

Después de identificar las causas, se analizan y priorizan aquellas que tienen mayor impacto en el problema. A partir de este análisis, se elabora un plan de acción enfocado en eliminar o reducir las causas raíz, contribuyendo así a la mejora continua del proceso (Secretaría de Salud, 2024).

2.2.5 Beneficios del Diagrama de Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa permite visualizar de forma clara las causas de un problema, fomenta el trabajo en equipo y facilita la toma de decisiones basadas en el análisis de causas raíz.

Además, ayuda a prevenir la repetición de errores al atacar directamente el origen del problema y no solo sus consecuencias (Paredes, 2023).

2.3 Software CAD

El Diseño Asistido por Computadora (CAD, por sus siglas en inglés) se ha convertido en una herramienta fundamental en ingeniería, arquitectura, manufactura, diseño industrial y diversas áreas técnicas. Desde sus inicios en la década de 1960, el CAD evolucionó de simples dibujos vectoriales a complejos sistemas tridimensionales capaces de simular comportamiento mecánico, validar ensambles, generar documentación e incluso conectarse con herramientas CAM para automatizar procesos de fabricación.

De acuerdo con Awati y Chai (2025), el CAD permite representar objetos en 2D y 3D reduciendo errores humanos, mejorando la precisión y aumentando la productividad al eliminar la necesidad de múltiples prototipos físicos.

2.3.1 Funciones principales del software CAD

Los programas CAD modernos incluyen muchas funciones, entre las que destacan:

2.3.2 Modelado 2D

Permiten crear planos técnicos, diagramas, cortes, acotamientos, geometrías paramétricas, documentación generada automáticamente y representaciones para manufactura. AutoCAD es uno de los líderes mundiales en esta área debido a su precisión y versatilidad en dibujo técnico.

2.3.3 Modelado 3D

El modelado tridimensional facilita la visualización de piezas, estructuras y mecanismos. Este tipo de modelado permite generar:

- Modelos sólidos
- Ensamblajes complejos
- Animaciones
- Explosiones de piezas
- Análisis estructurales

Inventor, SolidWorks y Fusion 360 son referentes en modelado paramétrico 3D para ingeniería.

2.3.4 Parametrización Y Edición Inteligente

Los parámetros permiten modificar dimensiones claves y que todas las demás dependencias se actualicen automáticamente, lo que disminuye la carga de rediseño.

2.3.5 Simulación E Ingeniería Asistida Por Computadora (CAD)

La mayoría del software CAD actual permite realizar:

- Análisis por elementos finitos
- Análisis térmico
- Simulación dinámica de mecanismos
- Pruebas de resistencia de materiales

Esto reduce costos y acelera la validación.

2.3.6 Documentación Técnica Automática

Muchos programas generan:

- Planos en 2D
- Listas de materiales (BOM)

- Cortes, secciones, acotaciones automáticas

2.3.7 Usos Del Software CAD

El CAD se emplea en diversas áreas profesionales.

2.3.8 Ingeniería mecánica

Para diseño de piezas, maquinaria, mecanismos, simulaciones y prototipado.

2.3.9 Arquitectura Y Construcción

Para planos, modelado estructural, diseño de instalaciones y vistas 3D.

2.3.10 Manufactura

Integrado con CAM (Manufactura Asistida por Computadora), permite enviar datos directamente a máquinas CNC, impresoras 3D o robots industriales.

2.3.11 Automotriz Y Aeroespacial

Diseño de componentes, validación estructural y simulaciones avanzadas.

2.3.12 Educación Técnica Y Universidades

Es una herramienta esencial en la formación de ingenieros, diseñadores industriales y arquitectos.

2.4 AutoCAD

AutoCAD es un software CAD desarrollado por Autodesk, lanzado por primera vez en 1982. Es el programa de dibujo 2D y modelado básico 3D más empleado en todo el mundo. Su uso se extiende a disciplinas como arquitectura, ingeniería civil y mecánica.

Según Autodesk (2024), AutoCAD es considerado un estándar de la industria debido a su precisión, su capacidad de documentación técnica y su compatibilidad con múltiples formatos.

2.4.2 Características Principales

- Dibujo 2D altamente preciso
- Bibliotecas de bloques automatizados
- Modelado 3D básico
- Generación de planos constructivos
- Compatibilidad con formatos DWG y DXF
- Personalización mediante lenguaje AutoLISP

2.4.1 Usos Comunes

- Planos arquitectónicos
- Diagramas eléctricos
- Planos mecánicos y estructurales
- Diseño de instalaciones industriales

2.5 Autodesk Inventor

Autodesk Inventor es un software CAD 3D paramétrico enfocado en ingeniería mecánica. A diferencia de AutoCAD, Inventor se basa en sólidos paramétricos y modelado avanzado. Es ampliamente utilizado para el diseño de piezas, ensambles y simulaciones.

Un estudio de WayKen (2023) destaca a Inventor como uno de los programas más completos para diseño mecánico paramétrico, simulación integrada y documentación técnica automática.

2.5.1 Características Principales

- Modelado 3D paramétrico avanzado
- Ensamblajes complejos
- Generación automática de planos 2D
- Simulación por elementos finitos
- Cálculo de esfuerzo, vibraciones y movimiento
- Renderizado realista
- Bombas, mecanismos y sistemas dinámicos

2.5.2 Usos Comunes

- Diseño de máquinas industriales
- Diseño automotriz
- Ingeniería de producto
- Simulación mecánica

2.5.3 Beneficios Generales Del Uso De Software CAD

Reducción De Costos

Menos prototipos, menos errores y más eficiencia.

2.5.4 Mayor Precisión

Los modelos CAD pueden manejar tolerancias extremadamente precisas, imposibles de lograr manualmente.

2.5.5 Integración Digital

El CAD se integra con:

- CAM
- CAE
- Impresión 3D
- CNC

2.5.6 Productividad Mejorada

Actualización automática de planos y ensambles.

2.5.7 Mejora En Comunicación Y Documentación

Planos profesionalmente generados facilitan la comunicación entre diseñadores, ingenieros y fabricantes.

2.6 Hidrogenerador

Un hidrogenerador es un dispositivo que transforma la energía cinética del agua en energía eléctrica a través de una turbina, mientras que un probador es un equipo para medir el funcionamiento de un sistema, como un generador de alto voltaje para equipos eléctricos. Los hidrogeneradores se pueden probar para determinar su eficiencia y diagnosticar fallas utilizando un probador de voltaje de corriente continua para equipos de alta tensión o pruebas de interferencia electromagnética para sistemas completos.

2.6.1 Tipos De Probadores

1. Probador de Voltaje:

- **Por contacto:** Requiere tocar el circuito o cable para detectar voltaje.

- **Sin contacto:** Detecta voltaje a través de la proximidad, como los detectores "pollo".
- **Con o sin linterna:** Algunos incluyen linterna para trabajar en entornos con poca luz

2. Probador de Continuidad: Verifica si un circuito está completo (intacto), a menudo con una luz o un sonido.

- **Multímetro:** Un dispositivo más versátil que puede medir diferentes parámetros eléctricos.
- **Multímetro Digital:** Muestra los valores de forma numérica en una pantalla.
- **Multímetro Analógico:** Utiliza una aguja que se mueve sobre una escala calibrada

3. Rastreador de Circuitos: Se usa para localizar y seguir el recorrido del cableado dentro de muros o bajo tierra. Tipos de probadores por su función (septiembre de 2025)

2.6.2 Función del hidrogenerador

El artículo A Brief Review of Multi-Physics Coupling Research on Hydroelectric Generators, publicado en la revista científica Energies, señala que los generadores hidroeléctricos convierten la energía mecánica en energía eléctrica, garantizando un suministro estable y confiable de electricidad dentro de los sistemas de energía renovable.

En los sistemas hidroeléctricos, el generador hidroeléctrico constituye el elemento fundamental encargado de transformar la energía mecánica producida por el movimiento del fluido en energía eléctrica. Dicha conversión se realiza mediante el acoplamiento del generador con la turbina, permitiendo la producción de electricidad de manera continua y eficiente. Posteriormente, la energía eléctrica generada es conducida a través del sistema de transmisión, el cual posibilita su integración a la red eléctrica, asegurando un suministro confiable, estable y adecuado para la demanda de los usuarios finales. Esto muestra que el hidrogenerador tiene la función principal de servir como enlace entre la turbina hidráulica (movida por agua) y la red eléctrica.

En las centrales hidroeléctricas, el generador es el componente encargado de transformar la energía mecánica producida por la turbina en energía eléctrica, proceso que permite la generación y posterior transmisión de electricidad hacia la red eléctrica (Kurnial & Sahal, 2025)

Así, otra forma de explicarlo: un hidrogenerador sirve para transformar energía mecánica (movida por agua) en energía eléctrica utilizable.

En otro artículo (“Ventilation Flow Field Characteristics of a Hydro-Generator Model”, Ventilation Flow Field Characteristics of a Hydro-Generator Model) se reitera esa función:

Los hidrogeneradores son máquinas complejas que se utilizan para convertir la energía mecánica del agua. (Chalmers Publication Library (CPL)) Esto destaca también que, además de convertir energías, requieren sistemas de refrigeración/ventilación, lo cual implica que su función operativa es más que simplemente generación: deben operar eficientemente y con fiabilidad.

2.7 Energía Renovable

La energía limpia se define como aquella que no produce emisiones significativas de gases de efecto invernadero ni contaminantes atmosféricos durante su operación. De acuerdo con el MIT Climate Portal (2022): “Clean energy usually refers to energy sources that produce no climate-warming greenhouse gas emissions in their operation” (MIT Climate Portal, 2022).

Asimismo, la International Electric Research Exchange (IERE) señala que la energía limpia proviene de recursos que se renuevan naturalmente y que tienen un mínimo impacto ambiental: “La energía limpia es aquella que proviene de fuentes renovables, de cero emisiones, que no contaminan la atmósfera cuando se utilizan y que se ahorra mediante medidas de eficiencia energética”. (IERE, 2023).

En otras palabras, la energía limpia engloba tecnologías como la solar, eólica, hidráulica, geotérmica y mareomotriz, que permiten satisfacer las necesidades energéticas humanas sin comprometer el equilibrio ambiental.

2.7.1 Finalidad de la energía renovable

La energía limpia tiene como función principal proporcionar energía eléctrica, térmica o mecánica sin dañar el medio ambiente, contribuyendo al desarrollo sostenible. Según IERE (2023): “Clean energy helps to mitigate climate change by reducing greenhouse gas emissions and air pollutants, thus improving environmental and human health.”

Por otro lado, Iberdrola (2024) destaca que: “Clean energy serves to decarbonize the economy, reduce the dependence on fossil fuels and guarantee a sustainable energy model for future generations.”

Además, el artículo publicado en MDPI – Processes (Zhang et al., 2024) resalta que las tecnologías de energía limpia permiten cubrir la demanda energética global con menores costos ambientales y fomentan la innovación y la creación de empleo verde.

2.7.2 Características de la energía renovable

Entre las principales características de la energía limpia destacan:

- Bajas o nulas emisiones de gases de efecto invernadero

“Clean energy sources emit little to no greenhouse gases during operation” (MIT Climate Portal, 2022).

- Uso de recursos naturales renovables

“It relies on natural sources like sunlight, wind, water, and geothermal heat, which are constantly replenished” (IERE, 2023).

- Reducción de contaminación del aire y del agua

“By replacing fossil fuels, clean energy technologies drastically reduce air pollutants such as CO₂, NO_x, and SO₂” (Tata Power, 2024).

- **Sostenibilidad y equilibrio ambiental**

“Clean energy systems are sustainable over time and reduce pressure on ecosystems” (Zhang et al., 2024).

- **Seguridad energética e independencia**

“Using local renewable sources reduces dependence on imported fossil fuels and enhances energy security” (Iberdrola, 2024).

- **Desafíos técnicos**

Aunque limpia, “renewable energy sources such as wind and solar are intermittent, requiring grid integration solutions” (MIT Climate Portal, 2022).

CAPITULO III.

ESTADO DEL ARTE

3.1.1 Estudio Del Arte

A continuación, se presenta ordenadamente los artículos en los cuales se indago para obtener información acerca de lo ya investigado.

TABLA 1. ESTUDIO DEL ARTE

Autor / Año	Título / Tema	Lugar / Contexto	Metodología	Resultados Principales	Aporte a esta investigación
4e Chile (2021)	Producción de hidrógeno por compresión electroquímica	Chile	Reporte técnico aplicado.	Reducción de costos al eliminar la compresión mecánica externa.	Apoya la eficiencia energética de los sistemas de hidrogenación pluvial.
MDPI (2022)	Revisión sobre recolección de energía pluvial	Internacional	Revisión sistemática de estudios.	Identifica ventajas como flexibilidad de diseño y retos de bajo amperaje.	Fundamenta el potencial de la energía pluvial como fuente renovable complementaria.
Revista Social Fronteriza (2023)	Aprovechamiento de energía pluvial con	México	Estudio experimental sobre	Identifica parámetros clave: caudal, presión,	Base para el diseño y monitoreo del hidrogenerador

Autor / Año	Título / Tema	Lugar / Contexto	Metodología	Resultados Principales	Aporte a esta investigación
	turbinas hidráulicas		monitoreo de variables.	rendimiento y energía generada.	de descargas pluviales.
Li & Wang (2024)	Sistemas híbridos de energía solar e hidráulica pluvial	Journal of Cleaner Production	Modelo de simulación de hibridación energética.	Energía de lluvia cubre hasta 80 % de la demanda de respaldo en sistemas solares.	Confirma la viabilidad de integrar energía pluvial con sistemas solares.
TecNM (2025)	Variables eléctricas críticas en hidrogeneradores	México	Revisión técnica.	Determina que el voltaje mínimo teórico es de 1.23 V y la densidad de corriente regula la producción de H ₂ .	Sirve como guía para optimizar la eficiencia eléctrica del hidrogenerador.

Autor / Año	Título / Tema	Lugar / Contexto	Metodología	Resultados Principales	Aporte a esta investigación
Insights, Made-in- China.co m (2025)	Densidad de corriente y velocidad de producción de hidrógeno	China	Reporte técnico.	A mayor densidad de corriente, mayor producción de hidrógeno.	Complementa las variables eléctricas de diseño del sistema.
Bolian Filtration Solutions (s.f.)	Influencia de la temperatura en la eficiencia de electrolizadores	Internacional	Análisis técnico.	Mayor temperatura mejora la conductividad iónica y reduce pérdidas internas.	Determina condiciones térmicas óptimas (70–90 °C) para la operación.
Scribd (s.f.)	Propiedades de membranas y diafragmas en hidrogeneradores	Internacional	Revisión técnica.	Destaca la importancia del grosor y conductividad iónica en el rendimiento.	Guía la selección de materiales para mejorar la durabilidad del sistema.

Autor / Año	Título / Tema	Lugar / Contexto	Metodología	Resultados Principales	Aporte a esta investigación
Harahap & Hawwa (2025)	Estudio experimental para la mejora de la recolección de energía de lluvia mediante membrana bioinspirada	MDPI – Internacional	Estudio experimental.	Propone el uso de membranas avanzadas para mejorar la conversión piezoeléctrica.	Aporta innovación al diseño experimental del sistema de generación pluvial.

La investigación reciente se ha enfocado en la optimización de la recolección de energía, con un interés particular en los sistemas de agua. La literatura científica publicada entre 2020 y 2025 destaca varias áreas clave como a continuación se presenta:

3.1.2 Pruebas De Prototipos

La prueba de prototipo se centra en crear versiones preliminares de un producto ya existente para así poder evaluar su desempeño, funcionalidad y otros aspectos. Así mismos este se encarga de optimizar el desempeño del probador haciéndolo más eficaz en su desarrollo.

3.1.2 Prueba De Conceptos De Prototipos De Un Probador: Una vez investigado en el artículo “Prototype Testing: Definition, Types & Steps”, el prototipo nos ayuda a verificar la idea sea viable y así poder ser implementada, también permite evaluar la estética del diseño antes de finalizarlo

A su vez también se hacen pruebas del prototipo que se va a utilizar para probar la funcionalidad e interacción de un producto e identificar algunas fallas o áreas que necesiten mejora.

Los prototipos de un probador ayudan a mitigar los riesgos asociados con el proceso de desarrollo lo que permite el ahorro de tiempo, así como recursos, por lo tanto, los prototipos de un probador sirven como representación visual que ayuda a la comprensión de los requisitos del proyecto

3.1.3 Diferentes Tipos De Probarores

Para ello existen cuatro tipos diferentes de prototipos:

- **Prototipos de Baja Fidelidad**

Se basa principalmente en generarlo en papel y no permiten la interacción del usuario, es decir crear un boceto a mano, maqueta o en una hoja de papel lo cual es un prototipo de baja fidelidad.

- **Prototipos de Alta Fidelidad**

Por otro lado, los prototipos de alta fidelidad son altamente interactivos y funcionales, y se acercan lo más posible al producto final. Este prototipo contiene todos los componentes necesarios ya integrados.

- **Prototipos de Datos en Vivo**

Este prototipo se presenta principalmente en forma de código, a menudo de productos ya existentes. Son mucho más interactivos que los prototipos tradicionales y utilizan datos de usuario en vivo.

- **Prototipo de Viabilidad**

Este es un tipo de prototipo más específico, diseñado explícitamente para probar una característica o componente específico del producto ya existente. Estos prototipos funcionan dentro de sus límites predefinidos para validar la tecnología que sustenta una función específica.

(Prototype Testing: Definition, Types & Steps 2025)

Sistemas Híbridos de Generación: Un trabajo relevante de **Li & Wang (2024)** en el *Journal of Cleaner Production* nos dice que explora la sinergia entre la recolección de energía solar fotovoltaica y la hidroeléctrica pluvial. Su modelo de simulación muestra que la energía generada por la lluvia puede cubrir hasta el 80% de la demanda de energía de respaldo para sistemas de agua caliente durante la temporada de lluvias, demostrando la viabilidad de la hibridación.

3.2 Avances en sistemas de generación de energía

3.2.1 Tecnologías emergentes en la recolección de energía pluvial

Más allá de los sistemas híbridos, la investigación se ha centrado en los materiales y métodos para convertir directamente la energía cinética de lluvia en electricidad. Una revisión sistemática publicada en la revista MDPI (2022) destaca que los recolectores han ganado una enorme atención debido a su flexibilidad de diseño y la creciente necesidad de generación de energía a pequeña escala para alimentar dispositivos.

3.2.2 Ventajas y Desafíos: La tecnología ofrece ventajas como una estructura simple, por otro lado, enfrenta desafíos técnicos como una alta variedad de salida, lo que resulta un voltaje relativamente alto pero con baja corriente eléctrica.

3.2.3 Innovaciones experimentales: En base a la necesidad de mayor desarrollo, estudios recientes buscan optimizar la eficiencia de estos dispositivos. Un ejemplo es el trabajo de Harahap & Hawwa (2025), quienes proponen un "Estudio Experimental para la Mejora de la Recolección de Energía de Lluvia mediante el Empleo de una Membrana Bioinspirada". (MDPI, 2022; Harahap & Hawwa, 2025)

Estos estudios confirman que el campo está avanzando hacia soluciones más integradas, eficientes y adaptables, pero también revelan que la caracterización de generadores para descargas pluviales específicas, como los basados en piezoeléctricos con membranas avanzadas, sigue siendo un área con necesidad de mayor desarrollo experimental.

3.3 Variables críticas en el diseño y operación de un hidrogenerador.

3.3.1 Variables eléctricas

Son los parámetros de entrada directos que controlan la reacción.

- **Voltaje de la Celda:** La fuerza electromotriz utilizada para dividir las moléculas de agua determina la eficiencia del proceso. Cuando el voltaje requerido es menor, la conversión energética resulta más eficiente. Aunque el valor teórico mínimo es de 1.23 V, en la práctica este valor suele ser superior debido a las pérdidas internas y a los sobrepotenciales presentes en los electrodos (TecNM, 2025). El propósito es mantener la operación lo más próxima posible a dicho valor teórico mínimo.
- **Densidad de Corriente (A/cm²):** Este parámetro define la velocidad de producción de hidrógeno. A mayor densidad de corriente, más rápido se genera hidrógeno. (Insights, Made-in-China.com, 2025).

3.4 Variables operativas

Corresponden a las condiciones físicas del proceso.

- **Temperatura:** Considero que esta es una de las variables que más influye en el proceso. Al aumentar la temperatura del electrolito, se mejora la velocidad de la reacción y la conductividad iónica, lo que ayuda a disminuir la resistencia interna del sistema. Gracias a esto, se puede mantener la misma tasa de producción utilizando un voltaje más bajo, lo que incrementa notablemente la eficiencia. En la práctica, la mayoría de los electrolizadores alcalinos comerciales trabajan entre 70 y 90 °C para aprovechar este beneficio sin acelerar el desgaste de los componentes. (Bolian Filtration Solutions, s.f.).
- **Presión:** La operación del hidrogenador a alta presión es una estrategia clave para optimizar el costo total de la producción de hidrógeno. Su principal ventaja es que permite generar hidrógeno directamente comprimido (hasta 300 bar en sistemas PEM), un proceso conocido como compresión electroquímica, lo cual elimina la necesidad de una o más etapas de compresión mecánica externa, que son equipos costosos, complejos y con altos requerimientos de mantenimiento. Al reducir la cantidad de componentes móviles, se simplifica el sistema global y se abaratan los costos de operación (Chile U.S. Department of Energy 2021)

3.5 Variables de diseño y configuración

Relacionadas con el diseño físico del hidrogenador.

- **Espaciado entre electrodos:** La separación influye directamente en la resistencia óhmica del sistema. Cuando se utiliza un diseño de tipo zero-gap, en el que la membrana o el diafragma se encuentra en contacto directo con los electrodos, se reduce al mínimo esa

distancia. Este tipo de configuración se ha convertido en el estándar de los diseños actuales, ya que permite alcanzar una mayor eficiencia. (Bolian Filtration Solutions, s.f.).

- **Membrana/Diafragma:** Este es un componente que separa los gases producidos (H_2 y O_2) lo cual permite el transporte de iones, sus propiedades, como el grosor, la conductividad iónica y la resistencia a la degradación química, son determinantes para el rendimiento y la vida útil del hidrogenador (Scribd, s.f.).

3.6 Variables de monitoreo para un hidrogenador

El aprovechamiento de la energía pluvial mediante turbinas hidráulicas para generar electricidad y que a su vez mantenga un calentador solar con agua caliente en condiciones de baja radiación solar constituye a una solución innovadora de energías renovables.

Un estudio de 2023 sobre el aprovechamiento de la energía Pluvial con turbinas hidráulicas identificó parámetros clave para la implementación y monitoreo de un sistema similar.

3.6.1. Variables de Monitoreo del hidrogenador

Para poder determinar el rendimiento del hidrogenador que se utiliza para descargas pluviales, es fundamental monitorear las variables relacionadas con el recurso hídrico y la producción de energía.

TABLA 2. MONITOREO DEL HIDROGENERADOR.

Categoría de Variables	Variables Específicas de Monitoreo	Razón de Monitoreo
Recurso Pluvial (Entrada)	Caudal (Q) del agua de lluvia (litros/segundo o m ³ /hora).	Determina la cantidad de agua disponible para mover la turbina en un momento dado, lo que impacta directamente en la potencia generada.
Recurso Pluvial (Entrada)	Presión o altura (H) del agua al ingresar a la turbina.	Es crítica, junto con el caudal, para calcular la potencia hidráulica disponible (energía potencial).
Generación Eléctrica (Salida)	Rendimiento o eficiencia (η) de la turbina hidráulica.	Evalúa qué tan bien el sistema convierte la energía del flujo de agua en energía eléctrica útil.
Generación Eléctrica (Salida)	Energía generada (Watts-hora o Kilowatts-hora).	Mide la producción total de electricidad que se destinará a complementar el calentador solar.

CAPITULO IV.

METODOLOGIA

La metodología empleada para el desarrollo del proyecto se llevo de acabo de manera secuencial y estructurada, iniciando con la recopilación de información. En esta etapa se identificaron las bases teóricas y técnicas para sustentar el desarrollo del Sistema.

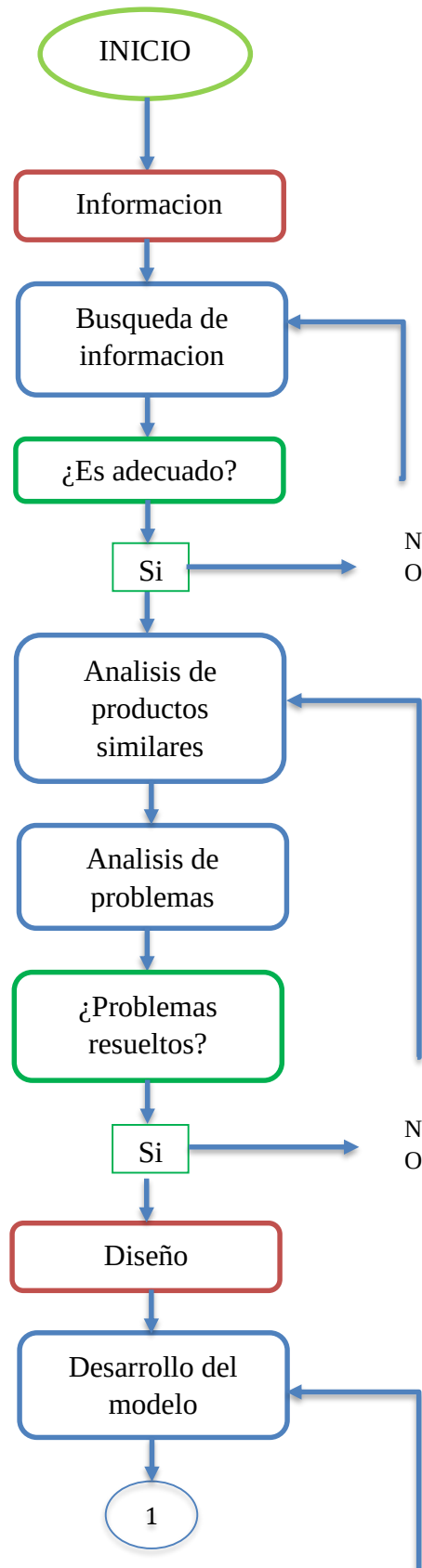
Posteriormente se realizo la busqueda exhaustiva de informacion, seguida de la identificacion de productos similares existentes en el mercado, lo cual permitió establecer un punto de referencia. En caso de no encontrar soluciones adecuadas, se procedio al análisis de problemas, donde se definieron las necesidades especificas y areas de mejora.

Con base al análisis, se desarrollo la etapa del diseño, en la cual se planteó una solución conceptual del sistema. A continuacion, se llevó acabo el desarrollo del modelo, transformando el diseño en una representación mas detallada.

El modelo fue sometido a simulaciones asistidas por computadora (CAD) para validar su funcionamiento, En caso de no cumplir con los requerimientos, se realizaron ajustes iterativos regresando a etapas previas.

Una vez validadas las simulaciones, se definieron las especificaciones técnicas del sistema, seguido del modelado completo, integrando todos los componentes necesarios. Posteriormente se realizaron simulaciones adicionales para verificar el desempeño del diseño del sistema en diferentes condiciones.

Finalmente se llevó acabo el registro de resultados, donde se documentaron los datos obtenidos, permitiendo evaluar el cumplimiento de los objetivos. En caso de inconsistencias, el proceso regresó a etapas anteriores para su corrección. Una vez validados los resultados, se dio por concluido el proceso.



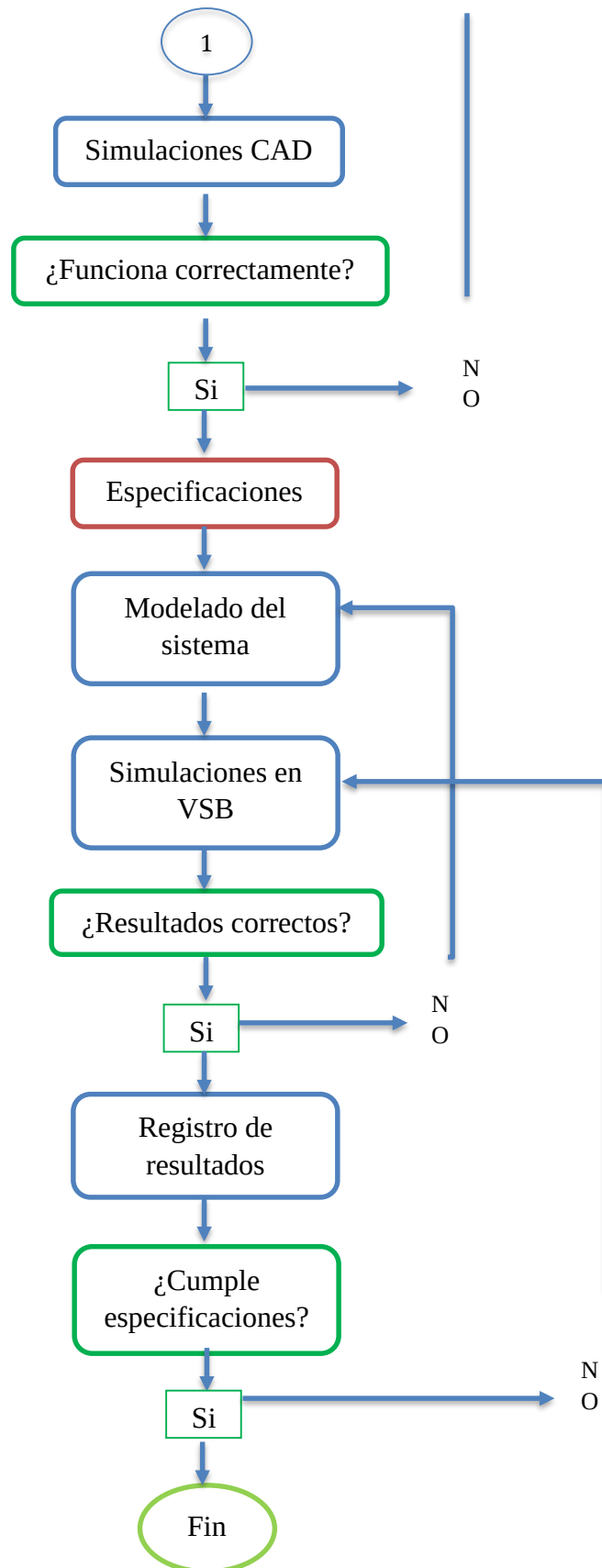


FIGURA 1 METODOLOGIA

La figura 1 muestra un diagram de flujo metodológico en etapas para llevar acabo el flujo de manera que se tenga en cuenta Investigación, Diseño, Especificaciones y Validación Experimental. Cada fase hace mencion a los objetivos especificos.

El contenido resume de manera clara el proceso para desarrollar un proyecto:

- Buscar y analiza información, después se crea el diseño y las simulaciones,
- Establecer las especificaciones necesarias mediante modelados adicionales, y
- Realizar la validación experimental a través de pruebas y análisis de resultados.

En conjunto, la figura representa una metodología organizada, sencilla de interpretar y orientada al desarrollo estructurado de un prototipo o investigación.

CAPITULO V.

RESULTADOS

5.1 Descripción De Las Actividades

5.1.2 Planificar

Busqueda y recopilación de información técnica

Investigación bibliográfica y técnica sobre hidrogeneradores y probadores para establecer bases teóricas y parámetros de referencia.

A continuación en la figura 1 se presenta un diagrama causa/efecto, el cual será de ayuda para identificar las problemáticas que se tienen para la construcción del prototipo (para verlo mas a detalle, ir al apartado de anexos, Anexo 5)



FIGURA 2 DIAGRAMA ISHIKAWA (AUDITORIA PROPIA).

Para el diagrama causa/efecto se hizo uso de lo que son las 6 M las cuales a continuación se hace mención de lo que se tomo en cuenta para realizarlo:

Maquinaria: Se tomo en cuenta que no existen probadores en el mercado asi como las limitaciones técnicas que el prototipo pueda llegar a tener.

Mano de obra: Hace uso de el conocimiento en cuanto a la falta de experiencia en el diseño de sistemas de eprovechamiento energético pluvial.

Metodos: No existen protocolos definidos para probar hidrogeneradores, asi como la falta de pruebas estandarizadas.

Materiales: Se toma en cuenta que el agua de lluvia no es aprovechada y por consecuencia existe una disponibilidad irregular del recurso.

Medio ambiente: Existe una variabilidad natural de la lluvia, asi como la dependencia de factores climáticos no controlables.

Medicion: Existe una medición sobre las diferentes facilidades del uso del prototipo, asi como una baja satisfaccion del usuario.

Una vez teniendo en cuenta las problemáticas de el diagrama causa/efecto, a continuación, se realizo una lluvia de ideas para las mejoras del hidrogenerador

- Mejoras en maquinaria y tecnología: ante la falta de probadores, desarrollar un simulador de flujo de agua.
- Implementar sensores para medir el voltaje y la corriente, los cuales permitan identificar exactamente donde están las limitaciones técnicas.
- Rediseñar partes del generador las cuales sean fácilmente reemplazables o escalables según la intensidad del flujo.
- Crear una guía estandarizada paso a paso asegurando que cada prueba sea comparable con la anterior.

- Desarrollar un método más eficiente para la canalización de el agua (filtros) antes de que llegue a las aspas de la turbina.
- Mejorar los materiales del recubrimiento para evitar corrosion o daños por factores climáticos.
- Hacer consultas con expertos en micro-hidraulica para validar los cálculos de diseño y asegurar la usabilidad.

5.1.3 Hacer

Diseño detallado del prototipo

En esta actividad se desarrollan los planos, esquemas y modelos digitales que definen con precisión el prototipo del probador. Se utiliza software de diseño asistido por computadora (CAD) para la creación de modelos 3D y diagramas técnicos, lo que permite visualizar la geometría, dimensiones y ensamblaje de cada componente como se meuntra en la imagen 3 y 4.

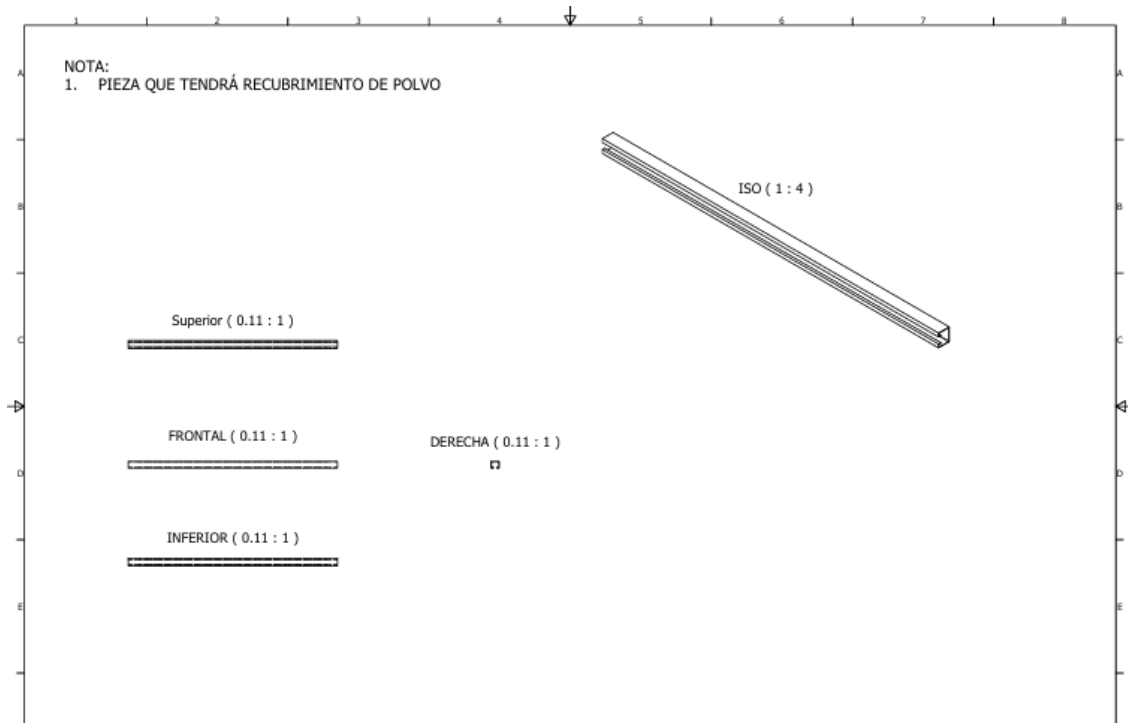


FIGURA 3. DISEÑO DE TUBULAR ZINTRO RIEL(AUDITORIA PROPIA).

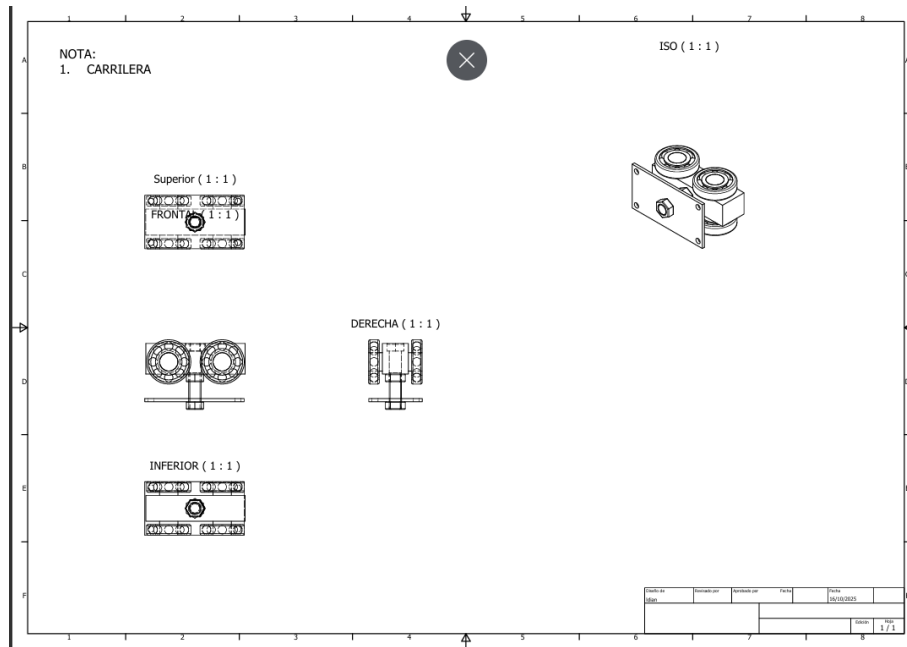


FIGURA 4. CARRETILLA REFORZADA DE 4 RUEDAS DE ACERO (AUDITORIA PROPIA).

Selección de materiales e instrumentos

En esta etapa se lleva a cabo el análisis y elección de los materiales y equipos necesarios para la construcción y validación del prototipo. El proceso considera tanto criterios de funcionalidad y desempeño como de seguridad, durabilidad y viabilidad económica. Una vez teniendo en cuenta la problemática se optó por recurrir a ocupar un contenedor de agua con capacidad de 10 litros.



FIGURA 5. RECIPIENTE DE AGUA DE 10 L (RECUPERADA DE MERCADO LIBRE).

Posteriormente se usara un presurizador como se muestra en la figura 6 , el cual nos ayudara a el aumento de la presión del agua en la tubería de PVC y asi obtener un mayor flujo de agua.



FIGURA 6. PRESURIZADOR PARA AGUA (RECUPERADA DE MERCADO LIBRE).

Para las bajadas de la tubería, utilizaremos tubo de PVC de 2 pulgadas como se muestra en la figura 7 para poder asi hacer las adecuaciones necesarias para el prototipo.



FIGURA 7. TUBULAR DE PVC DE 2 IN (RECUPERADA DE MERCADO LIBRE).

Haremos uso de un caudalímetro como se muestra en la figura 8, el cual nos ayudará a medir el flujo constante del agua , por lo que pasara por la tubería de PVC hasta llegar a el hidrogenerador.

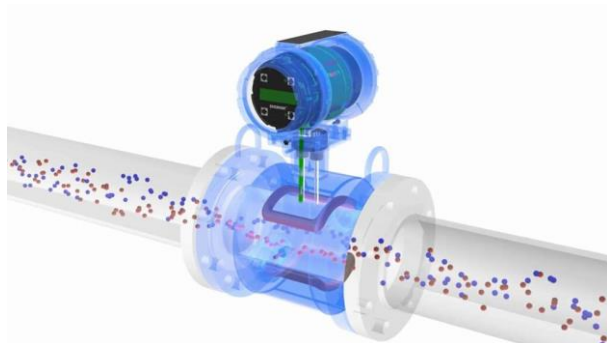


FIGURA 8. CAUDALIMETRO (RECUPERADA DE MERCADO LIBRE).

Ocuparemos una carretilla reforzada de 4 ruedas de acero como se muestra en la figura 9 para posicionar el mecanismo a N altura para que se pueda tener variedad de la energía que genera el hidrogenerador.



FIGURA 9. CARRETILLA REFORZADA DE 4 RUEDAS DE ACERO (RECUPERADA DE MERCADO LIBRE).

Se utilizará un tubular cuadrado de 2 x 2 como el de la imagen 10 para poder así meter la polea la cual se muestra en la figura 10 para poder así tener el control del hidrogenerador.



FIGURA 10. TUBULAR ZINTRO RIEL 1.1/4 x 1.1/2 (RECUPERADA DE MERCADO LIBRE).

Se hará uso de codos de PVC de 2 pulgadas así como el que se muestra en la figura 11 para adecuar a las posibles vueltas que se tengan en el armado del prototipo.



FIGURA 11. CODO DE PVC DE 2 INCH (RECUPERADA DE MERCADO LIBRE).

Se utilizara pegamento para tuberias de Pvc asi como se muestra en la figura 12, para obtener la resistencia que require la instalacion.



FIGURA 12. PEGAMENTO PARA PVC (RECUPERADA DE MERCADO LIBRE).

Para validar el desempeño del prototipo del probador para hidrogenerador, se realizaron pruebas experimentales controladas que permitieron estimar las variables de operación, energía generada y eficiencia del sistema. Las mediciones se efectuaron empleando el software de registro (macro VBA) diseñado previamente, el cual permitió capturar los datos en tiempo real y calcular automáticamente la energía producida a partir de la altura, caudal y velocidad del flujo.

Las pruebas virtuales se realizaron considerando las condiciones promedio de precipitación y descarga pluvial características de la región centro del Estado de México, así como las propiedades hidráulicas y eléctricas estimadas del sistema. Los resultados teóricos confirman la viabilidad funcional del prototipo de probador bajo condiciones simuladas de lluvia moderada, el hidrogenerador puede aportar por un flujo eléctrico constante para mantener el calentador solar operando, reduciendo la dependencia de energía de red. Así mismo, el diseño estructural y el software de monitoreo cumplen los criterios de eficiencia, seguridad y automatización establecidos en los objetivos específicos.

Durante las simulaciones teóricas se establecieron las siguientes tendencias esperadas:

TABLA 3. VARIABLES DE MEDICION

Variable	Intervalo de operación	Comportamiento esperado
Altura (H)	1 – 3 m	Aumenta la energía potencial y mejora el rendimiento.
Voltaje (V)	10 – 14 V	Incrementa con la velocidad del flujo y la carga hidráulica.
Temperatura del agua (T)	20 – 35 °C	Leve aumento debido al roce interno y la conversión energética.
Potencia eléctrica (P_e)	80 – 140 W	Máximo en condiciones de flujo continuo moderado.

Integración De VBA Para El Registro De Resultados

Para la integración de VSB en el registro de resultados se utilizaron los siguientes códigos para el funcionamiento los cuales se visualizan en las figuras 13,14,15,16 y 17:

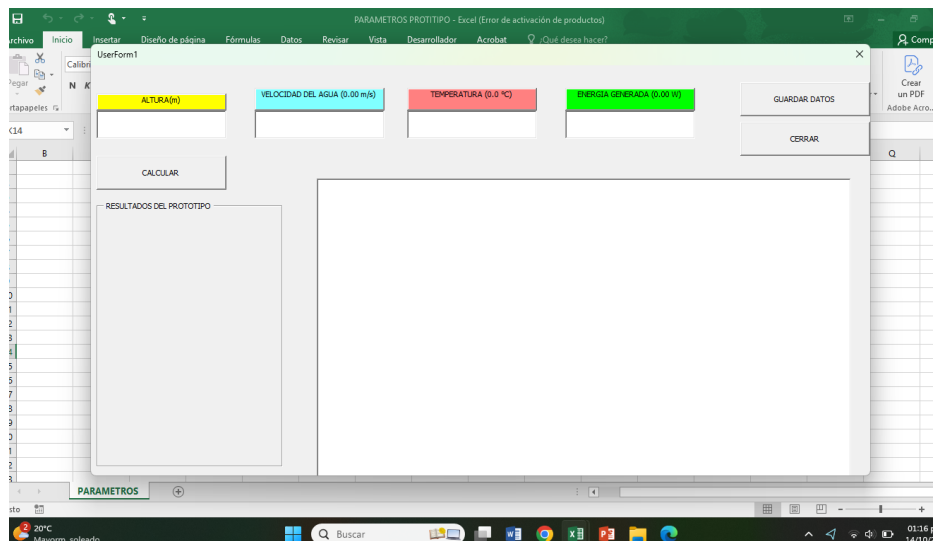
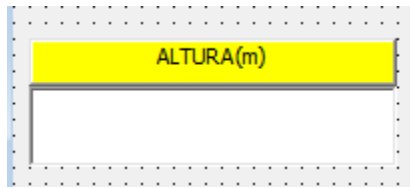


FIGURA 13. SOFTWARE PARA EL REGISTRO DE RESULTADOS (AUDITORIA PROPIA).

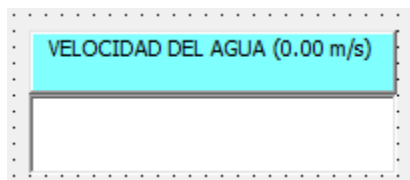
Código altura: Se utiliza para registrar el dato de la altura deseada en la que se pondrá el prototipo (de acuerdo al cliente).

A screenshot of a software form. It features a yellow rectangular label at the top with the text "ALTURA(m)". Below the label is a large, empty white rectangular input field. The entire form is enclosed in a thin black border.

```
' =====  
' === EVENTO NUEVO: TEX_ALTURA_CHANGE =====  
' =====  
Private Sub TEX_ALTURA_Change()  
    ' Validación dinámica del campo Altura  
    On Error Resume Next  
    Dim valor As String  
    valor = Me.TEX_ALTURA.Text  
  
    If valor = "" Then  
        Me.TEX_ALTURA.BackColor = RGB(255, 255, 255) ' Blanco  
        Exit Sub  
    End If  
  
    If IsNumeric(valor) Then  
        If CDBl(valor) >= 0 Then  
            Me.TEX_ALTURA.BackColor = RGB(204, 255, 204) ' Verde claro (válido)  
        Else  
            Me.TEX_ALTURA.BackColor = RGB(255, 204, 204) ' Rojo claro (inválido)  
        End If  
    Else  
        Me.TEX_ALTURA.BackColor = RGB(255, 204, 204) ' Rojo si no numérico  
    End If  
End Sub
```

FIGURA 14. CODIGO DE LA ALTURA A CONSIDERAR (AUDITORIA PROPIA).

Código velocidad del agua: Se utilizará para el registro de la velocidad a la que fluira el agua.

A screenshot of a software form. It features a light blue rectangular label at the top with the text "VELOCIDAD DEL AGUA (0.00 m/s)". Below the label is a large, empty white rectangular input field. The entire form is enclosed in a thin black border.

```

Private Sub TextBox1_Change()
    ' === Validación dinámica del campo TextBox1 ===
    On Error Resume Next
    Dim valor As String
    valor = Me.TextBox1.Text

    ' Si está vacío, volver al color blanco
    If valor = "" Then
        Me.TextBox1.BackColor = RGB(255, 255, 255)
        Exit Sub
    End If

    ' Si es numérico y positivo, verde; si no, rojo
    If IsNumeric(valor) Then
        If CDBl(valor) >= 0 Then
            Me.TextBox1.BackColor = RGB(204, 255, 204) ' Verde claro = válido
        Else
            Me.TextBox1.BackColor = RGB(255, 204, 204) ' Rojo claro = negativo
        End If
    Else
        Me.TextBox1.BackColor = RGB(255, 204, 204) ' Rojo claro = no numérico
    End If
End Sub

```

FIGURA 15. CODIGO DE LA VELOCIDAD DEL AGUA (AUDITORIA PROPIA).

Código de temperatura: Se utilizará para el registro de la temperatura que se arroje a través del prototipo.

TEMPERATURA (0.0 °C)

```

Private Sub TextBox2_Change()

    On Error Resume Next
    Dim valor As String
    Dim temperatura As Double

    valor = Me.TextBox2.Text

    ' === Si está vacío, volver al color blanco ===
    If valor = "" Then
        Me.TextBox2.BackColor = RGB(255, 255, 255)
        Exit Sub
    End If

    ' === Validación de datos ===
    If IsNumeric(valor) Then
        temperatura = CDb1(valor)

        ' === Rango de temperatura razonable ===
        If temperatura >= 0 And temperatura <= 100 Then
            ' Verde claro si es válido
            Me.TextBox2.BackColor = RGB(204, 255, 204)

            ' === Mostrar advertencia visual si es alta ===
            If temperatura > 60 Then
                MsgBox "Advertencia: La temperatura es alta (" & temperatura & " °C).", vbExclamation, "Temperatura elevada"
            End If

        Else
            ' Rojo claro si el valor sale del rango
            Me.TextBox2.BackColor = RGB(255, 204, 204)
        End If

    Else
        ' Rojo claro si no es numérico
        Me.TextBox2.BackColor = RGB(255, 204, 204)
    End If
End Sub

```

FIGURA 16. CODIGO DE LA TEMPERATURA EN LA QUE SE ENCUENTRA EL AGUA (AUDITORIA PROPIA).

Código de energía generada: Se utiliza para el registro de la energía que se calcula una vez teniendo la altura, la velocidad y la temperatura.

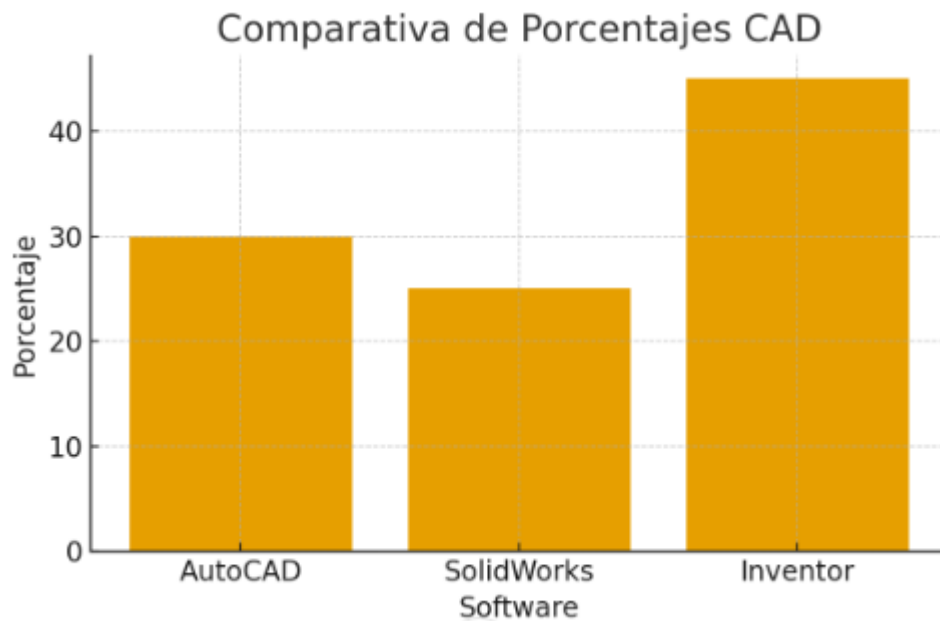


FIGURA 18. COMPARATIVA DE SOFTWARE CAD (AUDITORIA PROPIA).

Construcción del prototipo del probador

Construcción de la estructura e integración de componentes de medición conforme al diseño del prototipo para su mayor viabilidad de uso así como se muestra en la figura 19 la cual nos muestra el boceto realizado a mano alzada, en la figura 20 se muestra un diseño armado en el software inventor y en la figura 22 se muestra más detalladamente el diseño realizado en el software inventor.

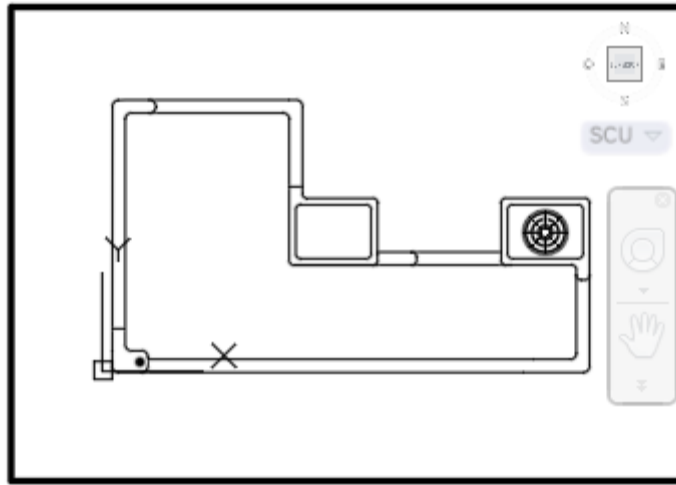


FIGURA 19. DISEÑO ASISTIDO EN AUTOCAD (AUDITORIA PROPIA).

5.1.4 Verificar

Registro De Resultados

En el Excel en la “Documentación de datos experimentales”, al momento de registrar los datos de altura, automáticamente se calcula la velocidad, la temperatura y la energía generada así como se muestra en la figura 20.

La imagen muestra la interfaz de usuario del software para el registro de resultados. En la parte superior, hay una barra de herramientas con los siguientes elementos:

- Un botón de "ALTURA(m)" con el valor "3".
- Un botón de "7.67 m/s".
- Un botón de "21.5 °C".
- Un botón de "7.34 kW".
- Un botón de "GUARDAR DATOS".
- Un botón de "CERRAR".

En la parte inferior izquierda, hay un botón de "CALCULAR".

En la parte inferior derecha, hay una tabla con los siguientes encabezados:

Fecha/Hora	Altura (m)	Velocidad (m/s)	Temp (°C)	Energía (kW)
------------	------------	-----------------	-----------	--------------

En el centro de la pantalla, hay un mensaje de "Cálculo exitoso" con el texto "Resultados del prototipo actualizados correctamente." y un botón de "Aceptar".

FIGURA 20. SOFTWARE PARA EL REGISTRO DE RESULTADOS (AUDITORIA PROPIA).

Se realizo el diseño del prototipo como se muestra en la figura 22, se opto por hacer mejoras en el prototipo, para tener mayor viabilidad de uso.

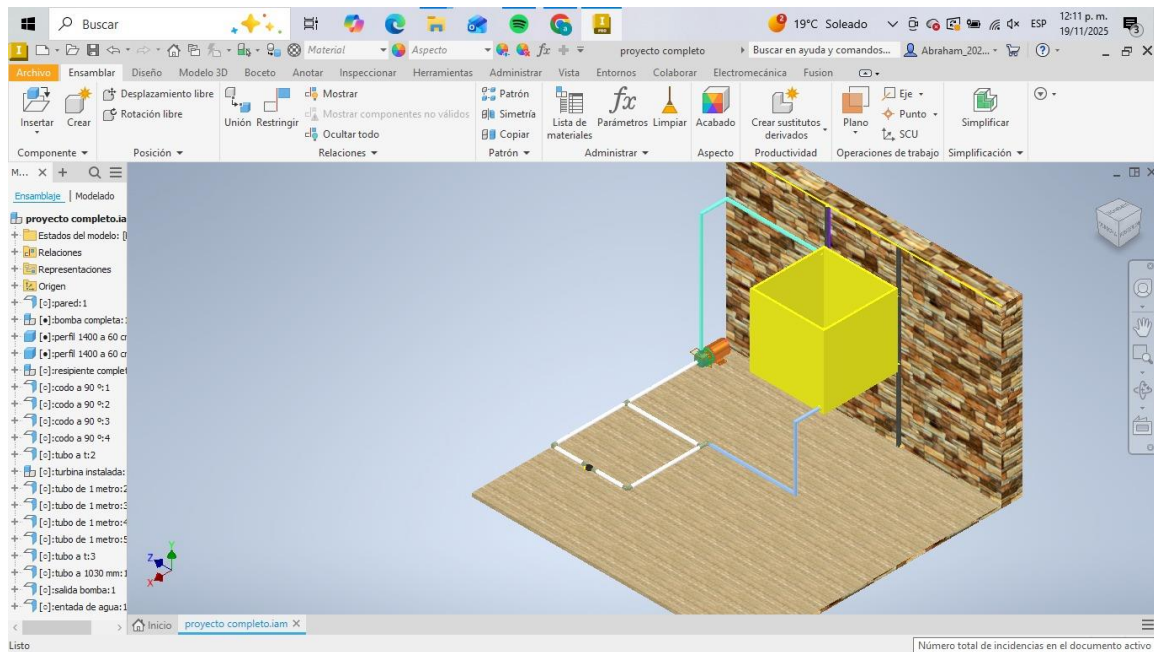


FIGURA 21. DISEÑO DE PROTOTIPO (AUDITORIA PROPIA).

5.1.5 Actuar

Optimización Del Prototipo En Base A Los Resultados

Se basa en realizar ajustes estructurales, calibraciones y mejoras de diseño para incrementar eficiencia y confiabilidad del prototipo en base a los resultados obtenidos.

Para la correccion del prototipo se utilizo como referencia la figura 22 la cual al momento de realizarla se optuvieron varias modificaciones.

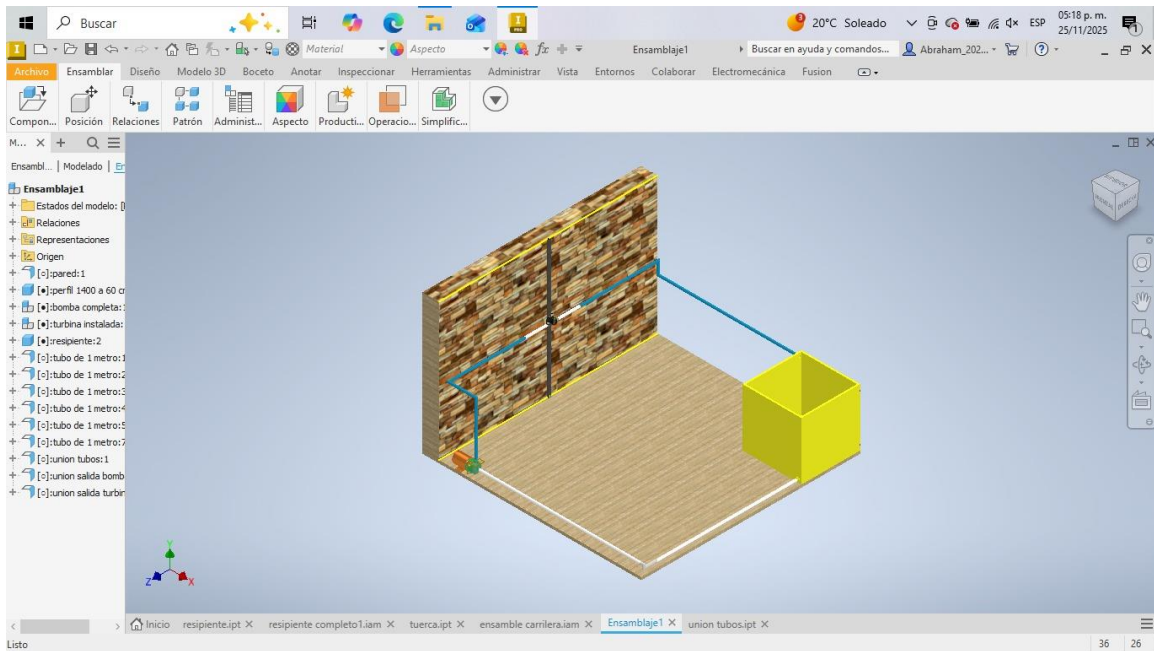


FIGURA 22. CORRECCION DE PROTOTIPO (AUDITORIA PROPIA).

Acontinuacion se presenta una tabla estimada de costos con los productos que se utilizaran para tener en cuenta que los precios reales pueden variar según proveedor y calidad.

TABLA 4. COSTOS A UTILIZAR.

Producto	Características / detalles	Costo estimado (MXN)
Tubular zintro / PTR / perfil metálico rectangular (“riel de ptr para carrilera”)	Perfil tubular metálico rectangular galvanizado/zintro, usado en estructuras o soportes. Por ejemplo, un perfil tubular de ese tipo (1"×2")	Rango estimado: \$351.20 por pieza (depende dimensión)
Contenedor de agua	Contenedor de agua con capacidad de 2800 litros.	Rango estimado: MXN \$8000 MXN

Producto	Características / detalles	Costo estimado (MXN)
Tubo de PVC de 2 pulgadas (PVC hidráulico Cédula 40)	Tubo PVC blanco, diámetro 2", ideal para agua, presión media, longitud estándar 1 m (u otro corte según necesidad).	Rango estimado: MXN \$84.00 MXN por 1 metro)
Codo de PVC de 2 pulgadas	Pieza de conexión en PVC 2" (codo)	Rango estimado: \$35 MXN
Pegamento para PVC (cemento solvente / adhesivo)	Cemento solvente PVC, lata 473 ml — común para unir tuberías/conexiones PVC.	Rango estimado: \$180 – \$270 MXN
Caudalímetro (tipo rotámetro con conexiones PVC	Para medir flujo de agua; cuerpo de metacrilato, conexiones PVC roscar hembra.	Rango estimado: \$8000 – \$12000 MXN

Las imágenes incluidas documentan de manera técnica las distintas fases del desarrollo del proyecto, desde el modelado y diseño asistido por computadora (CAD), la selección y especificación de materiales, hasta el proceso de ensamblaje y validación del prototipo del probador de hidrogenerador. Estas evidencias gráficas permiten sustentar el procedimiento metodológico aplicado, así como visualizar la configuración estructural y funcional del sistema propuesto.

Para la construcción del prototipo se realizó el lijado y pintado de una madera como se muestra en la figura 23, la cual nos ayudaría para el soporte del prototipo.

Se realizaron los orificios como se muestra en la figura 23 , en donde se colocaran las uniones macho- hembra de material cpvc de 1/2 pulgada.



**FIGURA 23. ORIFICIOS PARA UNIONES
(AUDITORIA PROPIA).**

Se colocó una llave de paso de material cpvc de 1/2 pulgada en el recipiente en el que se realizó el orificio así como se muestra en la figura 24, la cual será para el suministro de agua.



**FIGURA 24. COLOCACION DE LLAVE DE PASO
(AUDITORIA PROPIA).**

Posteriormente se realizo un corte de 2 cm en el tubular cpvc de 1/2 para colocar un codo de 1/2 de cpvc como se muestra en la figura 25, el cual nos permitira una conexion en la llave de paso.



FIGURA 25. CONEXION DE CODO (AUDITORIA PROPIA).

Una vez teniendo los soportes metalicos, se realizo la fijacion de los 2 contenedores, asi como se muestra en la figura 26.



FIGURA 26. COLOCACION DE SOPORTES (AUDITORIA PROPIA).

Una vez teniendo fijo el contenedor de agua , se hizo un corte de 27 cm en el tubular cpvc para la conexion de un codo de 1/2 pulgada asi como se muestra en la figura 27.



**FIGURA 27. CONECCION PARA CODO DE 1/2 IN
(AUDITORIA PROPIA).**

Tomando en Cuenta el tubular de abajo, se realice un corte de 10 cm el cual sera una union en la llave de paso asi como se muestra en la figura 28.



**FIGURA 28. TUBULAR DE 10 CM
(AUDITORIA PROPIA).**

Se realizó una prueba con agua para visualizar las posibles fugas, así como se muestra en la figura 29.



**FIGURA 29. PRUEBA DE AGUA
(AUDITORIA PROPIA).**

Una vez identificadas las fugas, se procedió a colocar silicona así como se muestra en la figura 30.



**FIGURA 30. COLOCACION DE SILICON
(RECUPERADA DE MERCADO LIBRE).**

Posteriormente, a las dos tapas de los recipientes se les hizo una perforacion para poner un conector macho de 1/2 de cpvc, asi como se muestrfa en la figura 31.



FIGURA 31. PERFORACION PARA CONECTOR (AUDITORIA PROPIA).

Una vez teniendo la conexion macho-hembra, del tubular cpvc se corto un tramo de 3 cm para poder colar un codo de 1/2 pulgada de cpvc para la conexion a la otra tapa, asi como se muestra en la figura 32.



FIGURA 32. CONEXION DE TAPA A TAPA (AUDITORIA PROPIA).

Una vez teniendo los procesos anteriores, se termino el prototipo por completo asi como se muestra en la figura 33.



**FIGURA 33. PROTOTIPO TERMINADO
(AUDITORIA PROPIA).**

Una vez teniendo armado el prototipo, se realiza una impresion 3D con los componentes a utilizar, es este caso es la turbina junto con la estructura de la misma, asi como se muestra en la figura 34.



**FIGURA 34. COMPONENTES DE
TURBINA (AUDITORIA PROPIA).**

35. Asi mismo se utilizo un generador junto con un balero, asi como se muestra en la figura



FIGURA 35. GENERADOR Y BALEROS PARA TURBINA (AUDITORIA PROPIA).

Se realizaron varias pruebas de turbina asi como se muestra en la figura 36, debido a adecuaciones para que tubiera un buen funcinamiento.



FIGURA 36. PRUEBAS DE TURBINA (AUDITORIA PROPIA).

Una vez teniendo en cuenta las pruebas realizadas como las de la figura 36, se realizó la impresion en PTG, lo cual deribado de ello al momento de realizar las pruebas corresponientes se obtuvo un error de 3 piezas impresas.

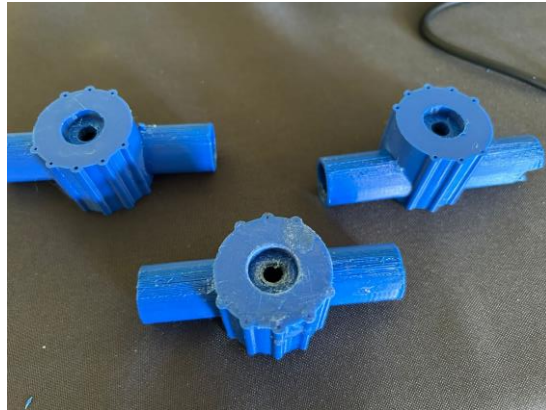


FIGURA 37. TURBINA IMPRESA EN PTG (AUDITORIA PROPIA).

Teniendo en cuenta las pruebas de la figura 36 y 37, se realizo la impresion en 3D con filamento PTG como se muestra en la figura 38, para evitar filtraciones y asi obtener un buen funcionamiento.



FIGURA 38. TURBINA IMPRESA EN PTG (AUDITORIA PROPIA).

Una vez realizada lo que es la turbina de apoyo junto con el generador, se realizó la colocación de la turbina en el prototipo para si validad su funcionalidad asi como se muestra en la imagen 39.



FIGURA 39. TURBINA CON GENERADOR POSICIONADO EN EL PROTOTIPO (AUDITORIA PROPIA).

Se realizó la validacion del prototipo como se muestra en la figura 40, teniendo en cuenta las recomendaciones a tomar para el major funcionamiento.



FIGURA 40. VALIDACION DEL PROTOTIPO (AUDITORIA PROPIA).

5.1.6 Competencias desarrolladas

TABLA 5. COMPETENCIAS DESARROLLADAS.

Materia	Como se realizo	Como se aplico
Metodología de la investigación	Mediante la búsqueda , análisis y selección de información técnica y científica sobre hidrogenadores.	Se aplico para el sustento teorico del proyecto, definiendo el problema, justificando la investigación y estableciendo objetivos claros.
Diseño asistido por computadora (CAD)	Se realizo mediante el uso de software como lo fue inventor para la elaboración de modelados 2D y 3D del prototipo.	Se aplico en el diseño del probador, permitiendo visualizar el ensamblaje ,seleccionar materiales y reducir errores antes de la construcción física.
Algoritmos y lenguaje de programación.	Se realizo utilizando el software Excel con macros en VSB para el registro automatico y análisis de resultados.	Se aplico para comparar valores teóricos y experimentales . evaluar el desapeño del prototipo y facilitar la toma de decisiones en la etapa de verificación.
Desarrollo sustentable	Se desarrollo mediante el análisis del impacto ambiental	Se aplico al proponer una solución que reduce el uso de energías convencionales y

Materia	Como se realizo	Como se aplico
	y el aprovechamiento de recursos naturales renovables	fomenta el uso responsable del agua de lluvia
Gestion de la calidad	Se utilizo el ciclo PDCA para estructurar cada etapa del Proyecto	Se aplico para organizar las actividades del diseño, construcción y pruebas del probador

5.1.7 Conclusiones

La creación del prototipo del probador para un hidrogenerador para descargas pluviales representó una etapa fundamental dentro del desarrollo del proyecto, ya que permitió materializar una idea conceptual en un sistema físico tangible. La decisión de llevar a cabo el prototipo surgió a partir de la necesidad de contar con un equipo que permitiera, en un futuro, evaluar el generadores como alternativa complementaria durante la temporada de lluvias.

En conclusión, la creación del prototipo del probador para un hidrogenerador constituye un avance significativo del proyecto, ya que establece una clara evaluación y futuras mejora, debido a que el prototipo una vez funcionando, se demuestra la viabilidad de el funciuonamiento , pero este a su vez con la turbina de apoyo se concluye que el caudal trabaja sin problema, pero en la tuberia de 1/2 IN se muestra un error, ya que por lo mismo de la medida no genera un funcionamiento previo a la turbina para asi visualizar lo que es la energia generada por el generador para transformar una necesidad identificada en una solución concreta, sentando las bases para el desarrollo posterior de sistemas orientados al aprovechamiento de la energía pluvial.

5.1.8 Recomendaciones

- Se recomienda realizar pruebas experimentales adicionales bajo diferentes condiciones de lluvia, considerando variaciones más amplias de caudal y altura, con el fin de obtener resultados más representativos y evaluar el comportamiento del hidrogenerador en escenarios reales de operación.
- Es conveniente mejorar el sistema de captación y filtrado del agua pluvial, incorporando filtros más eficientes que reduzcan la presencia de sedimentos e impurezas, lo cual contribuirá a prolongar la vida útil de la turbina y de los componentes mecánicos del probador.
- Se sugiere optimizar el diseño estructural del prototipo mediante el uso de materiales más ligeros y resistentes, tales como perfiles de aluminio, acero galvanizado y componentes plásticos de alta resistencia (PVC o polímeros reforzados), lo que permitiría mejorar la estabilidad del sistema, facilitar su mantenimiento y aumentar su durabilidad ante condiciones ambientales adversas, garantizando así un mejor desempeño del prototipo del probador.
- Se recomienda integrar sensores adicionales de medición, como corriente eléctrica y presión, para ampliar el monitoreo de variables y obtener un análisis más completo del desempeño del hidrogenerador durante las pruebas.
- Es recomendable desarrollar una interfaz de usuario más intuitiva para el software de registro de datos, haciendo uso de herramientas como Microsoft Excel con VBA, complementado con formularios automatizados y validación de datos, o bien emplear software especializado como LabVIEW, lo cual facilitaría su uso por parte de otros usuarios y reduciría posibles errores durante la captura y procesamiento de la información.

- Se recomienda llevar a cabo estudios de viabilidad económica más detallados, considerando costos de fabricación, mantenimiento y posibles ahorros energéticos a largo plazo, para evaluar el potencial de implementación del sistema a mayor escala.
- Finalmente, se sugiere que este proyecto sirva como base para futuras investigaciones académicas, enfocadas en el desarrollo de sistemas híbridos de energía solar-pluvial, contribuyendo así al fortalecimiento de soluciones sustentables en el ámbito energético.

5.1.9 Glosario

1. **Altura de caída (H):**

Distancia vertical entre el punto de captación del agua y la turbina del hidrogenerador. Determina la energía potencial del flujo y es uno de los factores principales en la generación de energía hidráulica.

2. **Análisis por Elementos Finitos (FEA):**

Método computacional utilizado para simular el comportamiento estructural, térmico o dinámico de un diseño, permitiendo identificar tensiones, deformaciones y puntos críticos antes de su construcción física.

3. **Caudal (Q):**

Cantidad de agua que fluye por unidad de tiempo en un conducto o sistema hidráulico. Se expresa normalmente en metros cúbicos por segundo (m^3/s) y determina la potencia hidráulica disponible.

4. **Ciclo PDCA:**

Metodología de mejora continua compuesta por las fases Plan (Planificar), Do (Hacer), Check (Verificar) y Act (Actuar). En este proyecto se utilizó como guía para la planeación, ejecución y validación del prototipo.

5. **Conductividad iónica:**

Propiedad de una sustancia que permite el paso de corriente eléctrica a través de iones. En hidrogeneradores influye en la eficiencia del proceso electroquímico.

6. **Corriente eléctrica (I):**

Flujo de carga eléctrica a través de un conductor. En este estudio, se relaciona directamente con la energía generada por el hidrogenerador.

7. Eficiencia energética (η):

Relación entre la energía útil obtenida y la energía total disponible. En un hidrogenerador indica qué porcentaje de la energía hidráulica se transforma efectivamente en energía eléctrica.

8. Energía cinética:

Energía que posee un cuerpo debido a su movimiento. En el contexto del proyecto, se refiere a la energía del agua pluvial en movimiento que se convierte en electricidad.

9. Energía limpia:

Tipo de energía generada a partir de fuentes renovables que no emiten gases de efecto invernadero ni contaminantes durante su operación, como la solar, eólica e hidráulica.

10. Energía potencial hidráulica:

Energía almacenada en el agua debido a su posición o altura. Es la fuente primaria aprovechada por el hidrogenerador para generar electricidad.

11. Hidrogenerador:

Dispositivo que convierte la energía mecánica del agua en energía eléctrica mediante una turbina acoplada a un generador.

12. Macro VBA (Visual Basic for Applications):

Programa automatizado desarrollado en Excel que permite registrar, calcular y visualizar datos experimentales, optimizando el proceso de verificación dentro del ciclo PDCA.

13. Metodología PDCA:

Estrategia sistemática empleada para la gestión de proyectos que busca la mejora

continúa de los procesos mediante las etapas de planificación, ejecución, verificación y acción correctiva.

14. Multímetro:

Instrumento de medición eléctrica que permite obtener valores de voltaje, corriente y resistencia. Utilizado para comprobar el funcionamiento del hidrogenerador.

15. Potencia eléctrica (P):

Cantidad de energía eléctrica generada o consumida por unidad de tiempo. Se calcula como el producto del voltaje por la corriente ($P = V \times I$).

16. Potencia hidráulica (Ph):

Energía disponible en un flujo de agua debido a su caudal y altura. Es el valor teórico máximo que puede convertirse en electricidad.

17. Presurizador:

Equipo que incrementa la presión del agua dentro de una tubería, simulando condiciones de flujo real o lluvia intensa en el prototipo.

18. Prototipo:

Modelo inicial o versión experimental de un sistema, diseñado para validar su funcionamiento y realizar ajustes antes de su implementación definitiva.

19. Probador:

Dispositivo o sistema utilizado para evaluar el desempeño, funcionamiento y eficiencia de otro equipo, en este caso, un hidrogenerador.

20. Simulación:

Proceso computacional que reproduce el comportamiento de un sistema físico

mediante modelos matemáticos, permitiendo predecir su desempeño sin necesidad de pruebas reales.

21. Sostenibilidad:

Principio que busca satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos y posibilidades de las futuras generaciones. En el proyecto, se refleja en el uso de energía pluvial y solar.

22. Tensión mecánica:

Medida de la fuerza interna por unidad de área en un material sometido a cargas. Su análisis permite garantizar la seguridad estructural del prototipo.

23. Turbina hidráulica:

Máquina que convierte la energía del agua en movimiento en energía mecánica de rotación, la cual se transmite al generador eléctrico.

24. Voltaje (V):

Diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos. En el hidrogenerador, representa la capacidad del sistema para producir electricidad a partir del flujo de agua.

25. Variables de monitoreo:

Parámetros medidos durante la operación del prototipo, como caudal, altura, voltaje y temperatura, necesarios para evaluar su desempeño y eficiencia.

5..2 Bibliografias

Agudo Díaz, F. J. et al. (2017). La mejora continua y variantes del PDCA (SciELO). SciELO

Autodesk. (2024). AutoCAD: Overview and Applications. Autodesk Knowledge Network.
<https://www.autodesk.com>

Awati, R., & Chai, W. (2025). What is CAD (Computer-Aided Design)? TechTarget.
<https://www.techtarget.com/whatis/definition/CAD-computer-aided-design>

Berndt Inácio, D., Fontão, L. H., Soares, L. F., Oliveira da Silva, R., Martins, G. B., Claro Júnior, L. H., Pio, M. C. da S., & Nascimento-e-Silva, D. (2024). Prototype testing: multicase study in a professional masters degree in northern Brazil. Intern. Journal of Profess. Business Review, 9(4), 1-21.

DNV México. (s.f.). Ciclo de Deming o PDCA: ¿Qué es? (artículo explicativo).

Grigoryan, S. (2025, 25 de junio). Prototype Testing: A Detailed Guide For Creating Sticky Products.

Hernández-Ortega, Y. (2022). Aplicación de la metodología Plan-Do-Check-Act (PDCA) (repositorio académico, PDF). UAEH

Iberdrola. (2024). Clean energy: definition and importance. Iberdrola Group. Recuperado de
<https://www.iberdrola.com/sustainability/clean-energy>

IERE. (2023). What is clean energy? International Electric Research Exchange. Recuperado de
<https://iere.org/what-is-clean-energy>

Kapsalis, T. (2024). CADgpt: Harnessing Natural Language Processing for 3D Modelling to Enhance CAD Workflows. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2401.05476>

Li, J., Wang, Y., & Zhang, H. (2023). A Brief Review of Multi-Physics Coupling Research on Hydroelectric Generators. *Energies*, 18(5), 1074. <https://doi.org/10.3390/en18051074>

MIT Climate Portal. (2022). What is clean energy? Massachusetts Institute of Technology. Recuperado de <https://climate.mit.edu/ask-mit/what-clean-energy-any-kind-energy-completely-clean>

Montesinos González, S. (2020). Estudio desde el ciclo Deming (artículo en Redalyc). Redalyc

Qualaroo. (2025, 24 de marzo). Prototype Testing: Definition, Types & Steps. Qualaroo

Tata Power. (2024). Clean energy: definition and types. Tata Power Company. Recuperado de <https://www.tatapower.com/glossary/c/clean-energy>

Technology Evaluation Centers. (2024). What Is Computer-Aided Design? Features & Benefits. Technology Evaluation. <https://www.technologyevaluation.com>

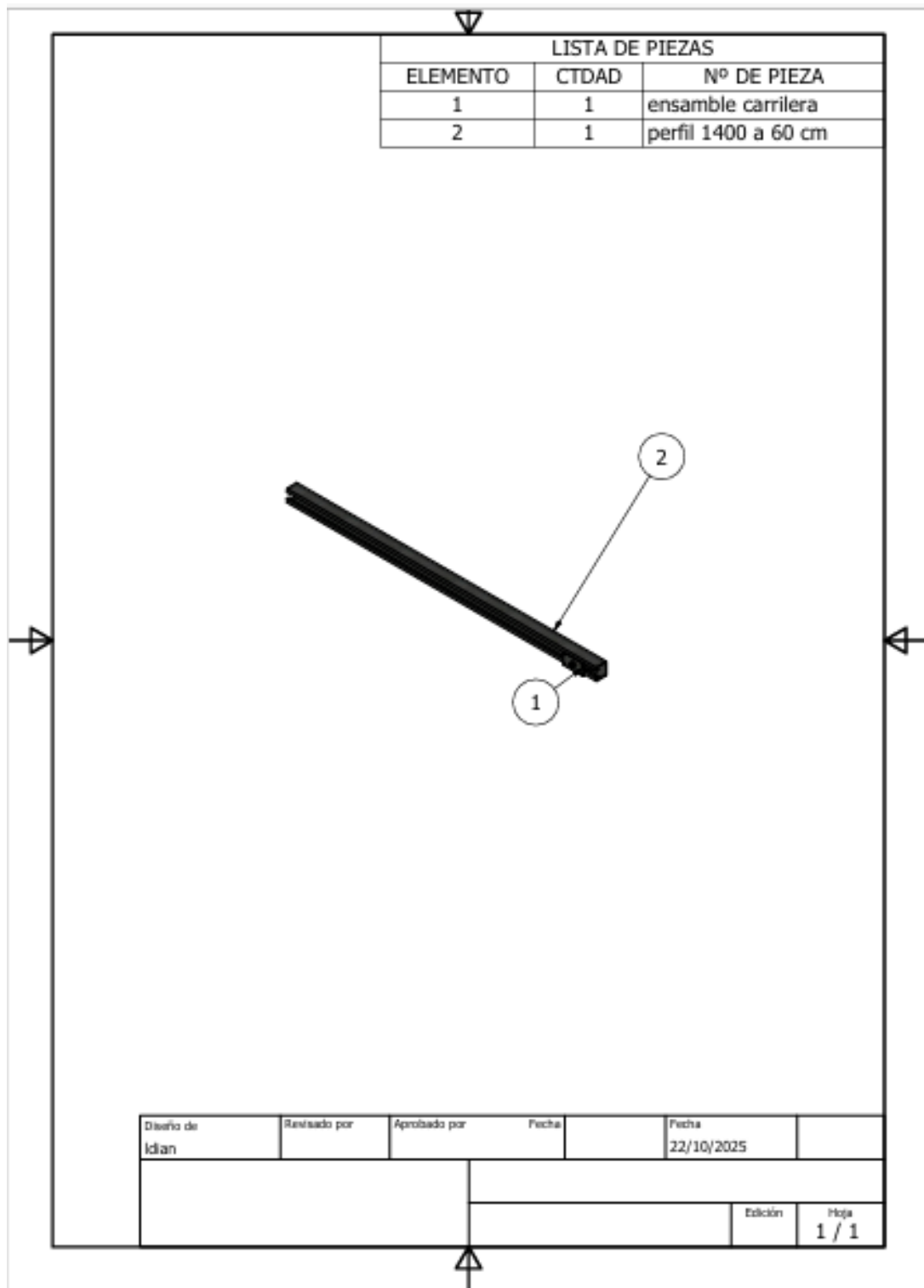
Tipos de probadores por su función. (2025). Recuperado el 10 de septiembre de 2025, de <https://www.google.com/search?q=tipos+de+PROBADORES>

WayKen Rapid Manufacturing. (2023). Advantages and Uses of CAD in Mechanical Design and Prototyping. WayKen. <https://waykenrm.com>

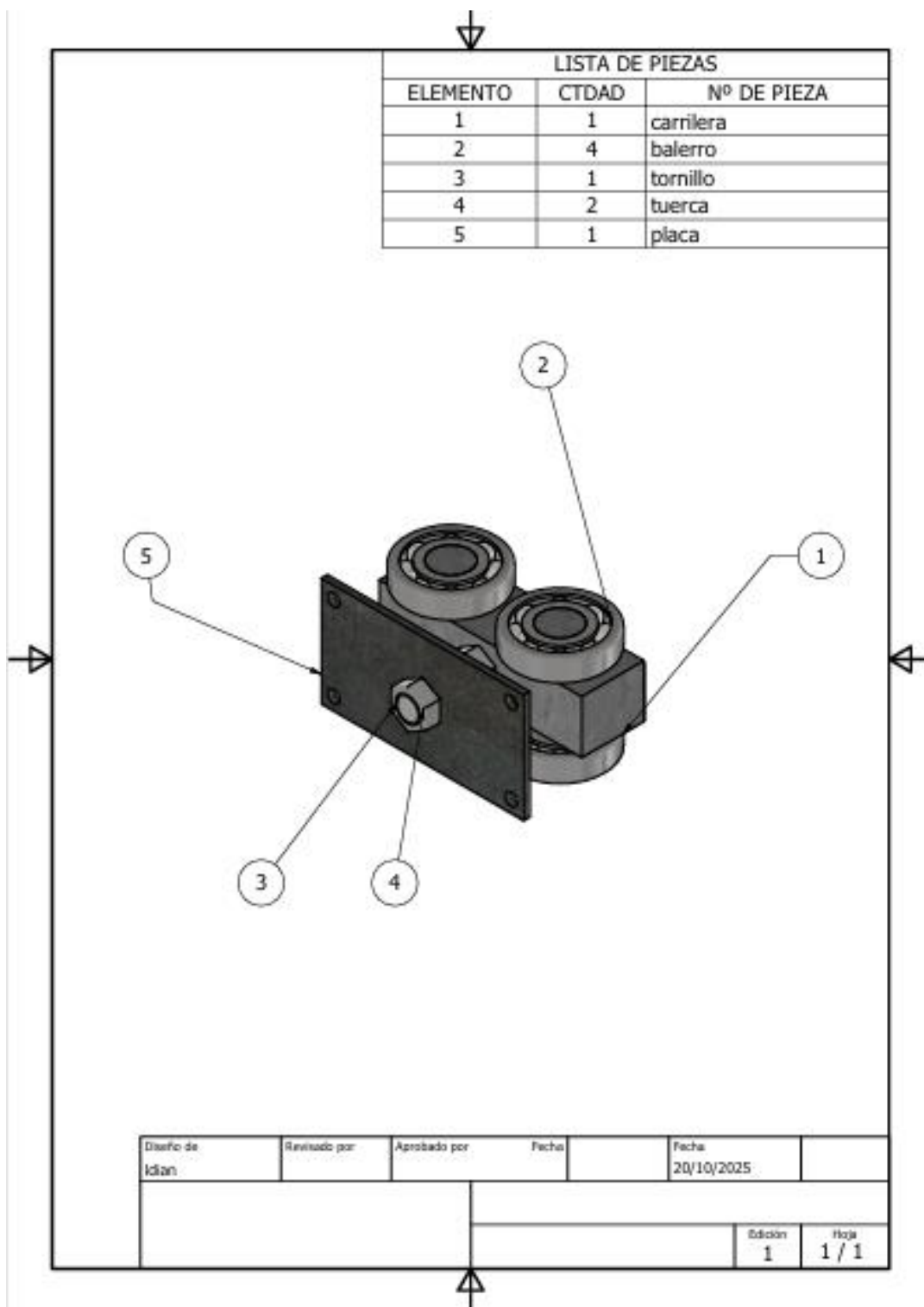
Zhang, L., Chen, J., & Huang, R. (2024). Advances in sustainable clean energy technologies for global energy transition. *Processes*, 13(1), 69. <https://doi.org/10.3390/pr13010069>

5.3 Anexos

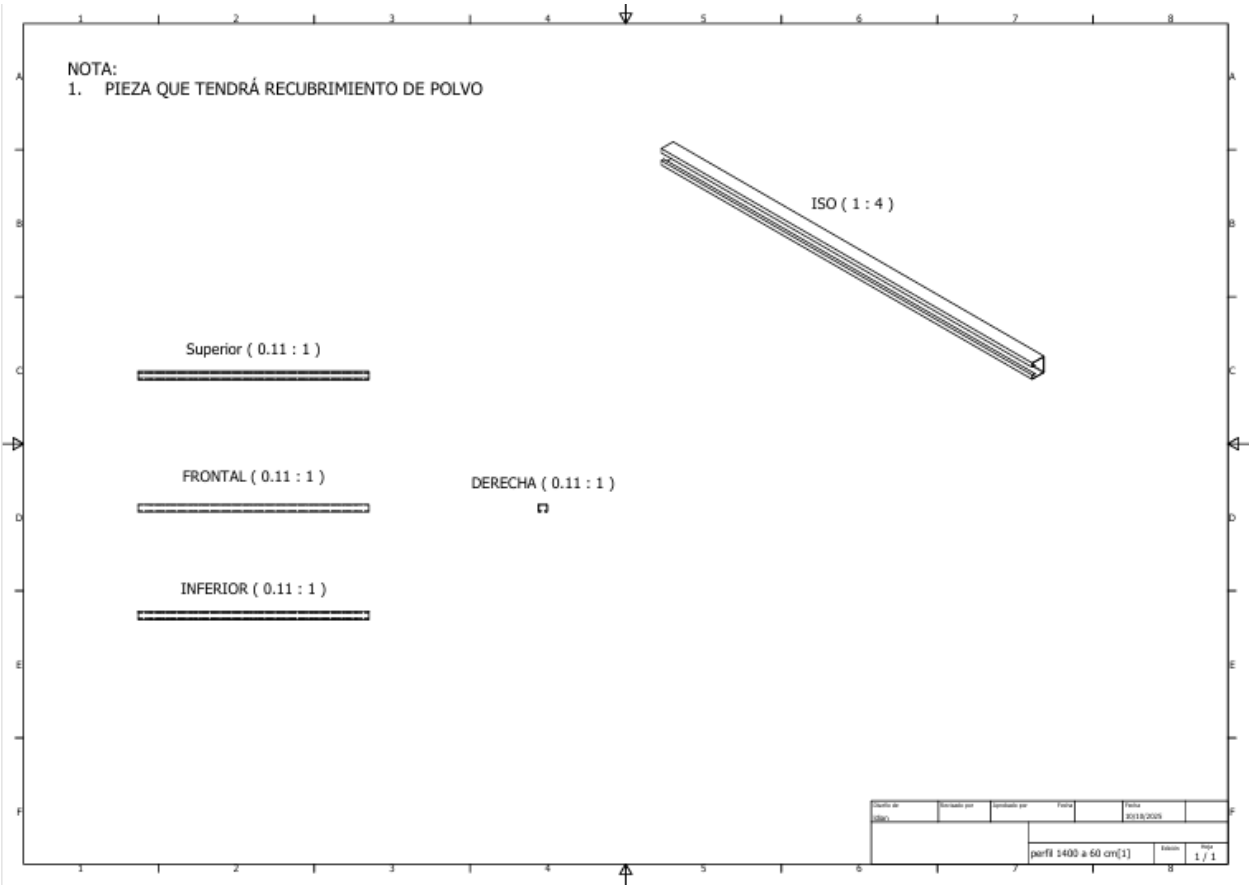
Anexo 1. Tubular Zintro Riel



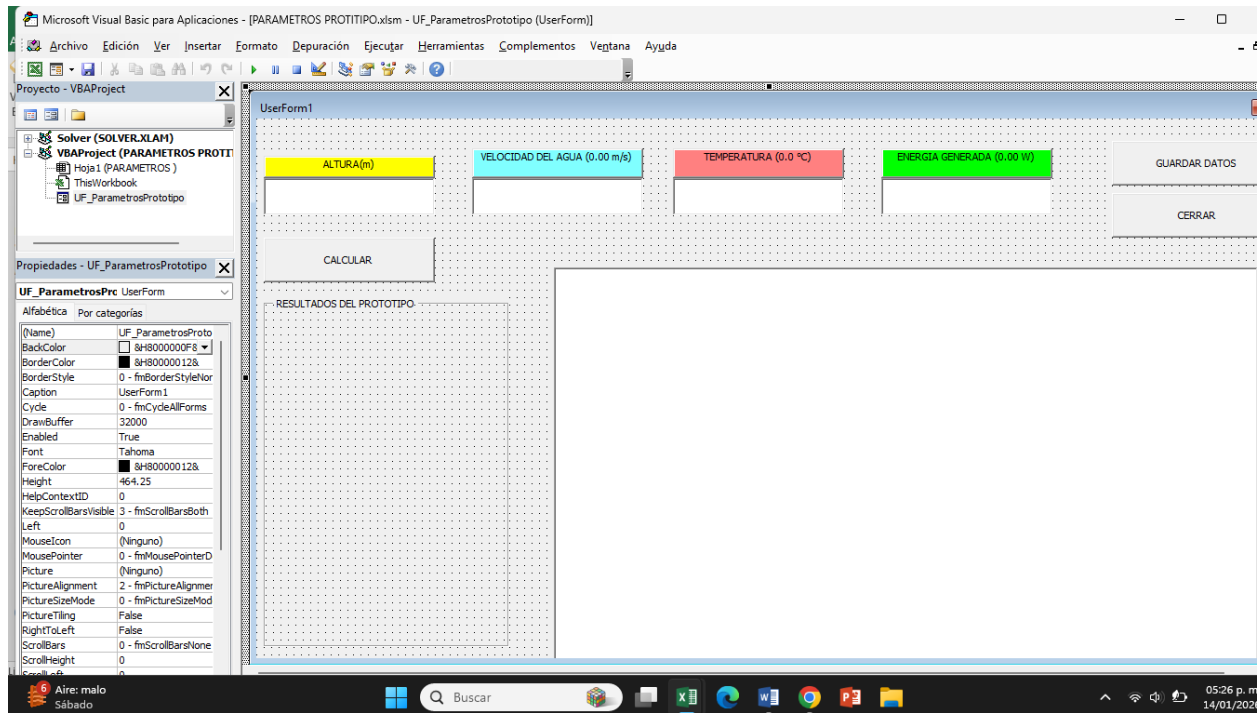
Anexo 2. Carretilla Reforzada de 4 Ruedas de Acero



Anexo 3. Tubular Para Riel



Anexo 4. Software VSB Excel



Anexo 5. Validacion Del Pototipo



Anexo 6. Prototipo En Validacion



Anexo 7. Diagrama Causa/Efecto



