



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

PICO SATELITE DE TELEMETRIA

TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE: INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTA:

ALDO FORTINO LIMA HERNÁNDEZ

NOMBRE DEL ASESOR:

M.C. HAYDEÉ PATRICIA MARTÍNEZ HERNÁNDEZ



APIZACO, TLAX., SEPTIEMBRE 2023

Agradecimientos

*A Dios, a su Espíritu y a Cristo.
Especialmente por su ayuda constante
y por darnos vida.*

*A mis padres Norma Angélica y Aldo como reconocimiento por su enorme
esfuerzo y sacrificio.
A mis hermanas Paola y Angie quienes son mi compañía
A todos mis tíos y abuelos por su constante apoyo.
A mis amigos por su confianza.*

*A mi asesora
M.C. H. Patricia Martínez Hernández por su profesionalismo y por su apoyo.*

A mis revisores

A mis maestros por su dedicación en la enseñanza.

RESÚMEN

Los picosatélites son pequeños satélites de bajo costo y tamaño reducido que surgieron como una alternativa a los satélites convencionales de gran tamaño y costo elevado. El desarrollo de los picosatélites comenzó en la década de 1990 y 2000 con el lanzamiento del CubeSat, un tipo de picosatélite en forma de cubo que abrió nuevas posibilidades en la exploración espacial y la investigación científica. A lo largo de la década de 2010, se desarrollaron otros formatos y estándares, como el PocketQube y el FemtoSat. Los picosatélites se utilizan para diversas aplicaciones, como la investigación científica, la observación de la Tierra, la comunicación, la educación y la demostración de tecnología espacial.

En el caso de los picosatélites, la telemetría se refiere a la transmisión remota de datos recopilados por sensores ubicados en diferentes lugares. Estos datos se transmiten a través de sistemas de comunicación y se procesan en centros de recepción para su análisis. La telemetría es fundamental para la predicción, la investigación científica y la toma de decisiones en diversos campos.

Los elementos generales básicos que conforman un picosatélite incluyen sensores de temperatura, que miden la temperatura de un objeto o entorno utilizando diferentes principios físicos como termistores, termopares y sensores infrarrojos; medidores de presión atmosférica y humedad relativa, que miden la presión atmosférica y la humedad del aire utilizando tecnologías como sensores piezoeléctricos, sensores de membrana y sensores capacitivos; y acelerómetros y giroscopios, que miden el movimiento y la orientación de un objeto. La comunicación RF se utiliza para transmitir datos a través del aire utilizando ondas de radio, y los microcontroladores son dispositivos electrónicos integrados que combinan un microprocesador con periféricos de entrada/salida, memoria y otros componentes necesarios para realizar tareas específicas en sistemas embebidos.

ÍNDICE

RESÚMEN	III
ÍNDICE.....	IV
INTRODUCCIÓN	1
DESCRIPCIÓN DE LA INSTITUCIÓN	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
OBJETIVOS	4
Objetivo general	4
Objetivos específicos.....	4
Preguntas de investigación	4
JUSTIFICACIÓN.....	5
MARCO TEÓRICO	6
Historia de los picosatélites	6
Picosatélites y telemetría	6
Elementos generales básicos que conforman un picosatélite	7
Medidores de temperatura:	7
Medidores de presión atmosférica y humedad relativa:	8
Acelerómetros y giroscopio:	10
Comunicación RF:	11
Microcontrolador:	12
DESARROLLO	13
Sensor DHT (Digital Humidity and Temperature):.....	13
Sensor BME280:	14
Sensor MPU6050:	16
Módulo NRF24L01:.....	17
Tarjeta Raspberry Pi Pico:.....	19
Código:.....	20
RESULTADOS	24
Circuito final en prototipo	24
Digitalización del circuito utilizando la herramienta digital “Fritzing”	24
Circuito esquemático en la herramienta digital Kicad.....	25
Diseño base de la placa (PCB)	25
Previsualización 3D.....	26
CONCLUSIONES	27
COMPETENCIAS DESARROLLADAS	28
FUENTES DE INFORMACIÓN	29

INTRODUCCIÓN

Un picosatélite de telemetría es un tipo de satélite artificial diseñado para recopilar y transmitir datos telemétricos desde dispositivos o sistemas ubicados en la Tierra.

Son satélites pequeños y ligeros que generalmente tienen un peso de menos de 1 kilogramo y unas dimensiones que rondan los 10 centímetros. A menudo, se utilizan para misiones espaciales de baja órbita terrestre (LEO) y se consideran una alternativa más económica a los satélites más grandes.

Los picosatélites se utilizan en diversas aplicaciones, como la observación de la Tierra, la comunicación, la navegación y la ciencia espacial. Además, también se utilizan en misiones educativas y experimentales. Están equipados con sensores y sistemas de adquisición de datos que permiten recopilar información precisa y detallada de los dispositivos o sistemas que se están monitoreando por lo que pueden medir parámetros como temperatura, presión, humedad, aceleración, vibración, voltaje, corriente, entre otros.

Algunos de los beneficios de los picosatélites incluyen su menor costo de desarrollo y lanzamiento en comparación con los satélites más grandes, su capacidad para ser lanzados como carga secundaria en cohetes más grandes y su capacidad para proporcionar acceso al espacio a empresas y organizaciones más pequeñas. También son útiles en misiones que requieren un mayor número de satélites para cubrir una región determinada.

Sin embargo, una desventaja de los picosatélites es que tienen una capacidad limitada en términos de energía y comunicaciones debido a su pequeño tamaño. Además, también tienen una vida útil más corta en comparación con los satélites más grandes debido a su menor capacidad para realizar reparaciones y mantenimiento en órbita.

DESCRIPCIÓN DE LA INSTITUCIÓN

Tecnológico Nacional de México Campus Apizaco

Giro, ramo o sector: Educativo .

Dirección: Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Méx. C.P. 90491

Teléfono: 241 41 7 20 10

Historia:¹

La historia de la sociedad tlaxcalteca, ha sido marcada e impulsada por el trabajo, el compromiso y la visión de hombres y mujeres que con determinación y ahínco han buscado el desarrollo del estado. Sin duda, personalidades de gran trascendencia como Don Emilio Sánchez Piedras, entonces Gobernador Constitucional, comprometido con la juventud del estado, contando con el apoyo decisivo del Presidente de la República, el Lic. Luis Echeverría Álvarez, personaje visionario del futuro de la educación y de la juventud de esta región del país, gestiona y funda el Instituto Tecnológico Regional de Apizaco e inicia sus actividades el 1 de octubre del año de 1975.

Misión:²

Formar profesionistas que sean líderes visionarios, emprendedores, con capacidad de generar soluciones disruptivas, innovando en la ciencia y la tecnología, comprometidos con el desarrollo económico, responsabilidad social teniendo una visión sostenible y sustentable.

Visión:²

Ser una Institución de educación superior tecnológica de vanguardia, formadora de ciudadanos del mundo, con conocimientos intercultural, respetando la diversidad social.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La falta de proyectos tecnológicos en Tlaxcala puede deberse a varios factores, algunas posibles razones podrían ser:

- Recursos limitados: Tlaxcala es el estado más pequeño en México y puede tener recursos financieros y técnicos limitados para llevar a cabo grandes proyectos. La disponibilidad de fondos y la capacidad de inversión pueden influir en la cantidad y la escala de los proyectos que se desarrollan en la región.³
- Infraestructura y desarrollo industrial: La falta de infraestructura adecuada, como parques industriales, centros de investigación y desarrollo, y otras instalaciones clave, limite la capacidad de atraer proyectos significativos a Tlaxcala.

Para abordar la carencia de proyectos, podría ser beneficioso para Tlaxcala fortalecer la infraestructura, promover la colaboración entre los sectores público y privado, mejorar la planificación estratégica y la promoción de la región como un lugar atractivo para inversiones y proyectos.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Diseñar y desarrollar un picosatélite de telemetría.

Objetivos específicos

- Generar ideas creativas e innovadoras mediante el uso de la tecnología espacial en la solución de una misión para un picosatélite educativo CANSAT.
- Desarrollar el código para el funcionamiento de los sensores y la transmisión de datos en la tarjeta Raspberry Pi Pico.
- Diseñar y desarrollar el circuito en placas PCB para su ensamble del satélite.

Preguntas de investigación

- ¿Qué es un pico satélite?
- ¿Cómo crear un código para el funcionamiento de los sensores y la transmisión de datos en la tarjeta Raspberry Pi Pico?
- ¿Qué circuito electrónico es necesario diseñar para recopilar constantemente las magnitudes físicas mencionadas y transmitir los datos por RF a la computadora de control, para receptionar la información y compilarla en una base de datos?

JUSTIFICACIÓN

Desarrollar estrategias para la creación de prototipos educativos puede ocasionar un gran impacto en nuestro país y dentro de nuestro estado, por lo que ofrecer alternativas factibles es una prioridad.

En el caso de los picosatélites educativos, brindan una plataforma práctica para que estudiantes y profesores aprendan sobre el diseño, la ingeniería y la operación de satélites. A través de la construcción y el lanzamiento de estos satélites, los estudiantes pueden adquirir experiencia práctica en áreas como la electrónica, la programación, la comunicación por radio y la gestión de proyectos espaciales. Estos satélites miniaturizados y de bajo costo en comparación con los satélites convencionales, los hace más accesibles y asequibles para estudiantes, investigadores y entusiastas del espacio.

Este proyecto puede ser añadido a los posibles prototipos que pueden desarrollarse en el club de mini robótica “Bull Tec” del Instituto Tecnológico de Apizaco⁴ otorgando la posibilidad de crear un satélite mediante el diseño, desarrollo e implementación de telemetría, dando como resultado innovación y creatividad tecnológica.

Aunado a esto, el proyecto tendrá la intervención de distintas disciplinas tales como ingeniería industrial, ingeniería mecánica, ingeniería electrónica e ingeniería en ciencias computacionales, que convergen cada una en un sector específico para la conclusión de este satélite, siendo así que las generaciones futuras de múltiples carreras puedan ser partícipes. Todo se realizará bajo la asesoría de los docentes de nuestra institución, ofreciendo de igual manera la posibilidad concursar y obtener de galardones a nivel regional, nacional e internacional para nuestra institución

MARCO TEÓRICO

Historia de los picosatélites

Los picosatélites son pequeños satélites de bajo costo y tamaño reducido que surgieron en las últimas décadas como una alternativa a los satélites convencionales de gran tamaño y costo elevado.

A finales de la década de 1990 y principios de la década de 2000, investigadores y entusiastas comenzaron a explorar el desarrollo de satélites miniaturizados con el objetivo de reducir los costos y mejorar la accesibilidad al espacio.

En 2003, el Laboratorio de Propulsión a Reacción de la NASA (JPL) lanzó el CubeSat, un tipo de picosatélite en forma de cubo que tiene un tamaño estándar de 10 cm x 10 cm x 10 cm y un peso de alrededor de 1 kilogramo. La aparición de los CubeSats abrió nuevas posibilidades en el campo de la exploración espacial y la investigación científica, permitiendo a universidades, instituciones y empresas desarrollar y lanzar sus propios satélites de forma más asequible y rápida.

A medida que avanzaba la década de 2010, la tecnología de los picosatélites continuó evolucionando, y se desarrollaron otros formatos y estándares, como el PocketQube y el FemtoSat. Los picosatélites se han utilizado para diversas aplicaciones, como la investigación científica, la observación de la Tierra, la comunicación, la educación y la demostración de tecnología espacial.

Picosatélites y telemetría

En el caso de los picosatélites, la telemetría implica el uso de sensores y dispositivos de medición para la transmisión remota de datos a recopilar y transmitir información en

tiempo real desde estaciones o sensores ubicados en diferentes lugares. Este enfoque permite monitorear y analizar las condiciones de forma continua y en tiempo real, proporcionando valiosa información para la investigación científica y la toma de decisiones en diversos campos.

Estos sensores recopilan datos relacionados con variables meteorológicas clave, como la temperatura, la humedad, la presión atmosférica, la velocidad y dirección del viento, la precipitación, entre otros.

Los datos recopilados por los sensores son transmitidos a través de sistemas de comunicación, como redes de comunicación por satélite, redes celulares, enlaces de radio o conexiones por cable. Los datos se envían a centros de recepción o estaciones base donde se procesan y analizan.

En resumen, la telemetría utiliza tecnología de transmisión remota de datos para recopilar y transmitir información en tiempo real sobre las condiciones. Esto proporciona una mayor precisión y capacidad de monitoreo continuo, lo que es fundamental para la predicción, la investigación científica y la toma de decisiones.

Elementos generales básicos que conforman un picosatélite

Mediadores de temperatura:

Los sensores de temperatura son dispositivos diseñados para medir la temperatura de un objeto o entorno determinado. Hay una amplia variedad de sensores de temperatura disponibles en el mercado, desde termómetros simples hasta termómetros infrarrojos y termopares.

Los sensores de temperatura pueden funcionar utilizando diferentes principios físicos. Uno de los tipos más comunes es el termistor, que es un dispositivo que cambia su resistencia eléctrica en función de la temperatura. Los termistores se dividen en dos categorías: los NTC (Negative Temperature Coefficient) y los PTC (Positive Temperature Coefficient).

Otro tipo de sensor de temperatura es el termopar, que es un dispositivo que produce una señal eléctrica cuando se produce una diferencia de temperatura entre dos puntos de un material conductor. Los termopares son comúnmente utilizados en aplicaciones de alta temperatura, como en la industria aeroespacial.

Los sensores de temperatura infrarrojos, también conocidos como termómetros sin contacto, miden la radiación infrarroja emitida por un objeto y la convierten en una señal eléctrica que se puede leer en un medidor. Estos sensores son útiles en situaciones en las que es difícil o peligroso medir la temperatura de un objeto de forma directa.

Los sensores de temperatura se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, desde el control de la temperatura en sistemas de calefacción y refrigeración, la medición de la temperatura en procesos industriales y en la industria alimentaria, hasta la medición de la temperatura corporal en humanos y animales.

Medidores de presión atmosférica y humedad relativa:

Los sensores de presión atmosférica son dispositivos diseñados para medir la presión atmosférica, es decir, la presión ejercida por la atmósfera terrestre en un punto determinado. Estos sensores son comúnmente utilizados en aplicaciones meteorológicas, como la predicción del clima, pero también se pueden encontrar en una variedad de otras aplicaciones, como en sistemas de control de procesos industriales y en la industria aeronáutica.

Existen varios tipos de sensores de presión atmosférica, pero los más comunes son los sensores piezoeléctricos y los sensores de membrana. Los sensores piezoeléctricos utilizan materiales piezoeléctricos que generan una carga eléctrica cuando se someten a una deformación mecánica, como la que se produce por la presión atmosférica. Esta carga eléctrica se puede medir y convertir en una señal de presión.

Por otro lado, los sensores de membrana utilizan una membrana elástica que se deforma en respuesta a los cambios de presión atmosférica. La deformación de la membrana se mide utilizando un transductor que convierte la deformación en una señal eléctrica.

Los sensores de presión atmosférica se utilizan en una variedad de aplicaciones. Por ejemplo, en la industria aeronáutica, se utilizan para medir la presión en la cabina de un avión y para calcular la altitud y la velocidad del avión. En la meteorología, se utilizan para medir la presión atmosférica y para predecir el clima. También se utilizan en la industria de la automatización para controlar la presión en sistemas de producción y en la industria de la salud para medir la presión sanguínea y la presión intracraneal.

Los sensores de humedad relativa son dispositivos diseñados para medir la cantidad de humedad en el aire en relación con la cantidad de humedad que el aire podría contener a una temperatura determinada. La humedad relativa se expresa como un porcentaje y se utiliza para describir la comodidad del aire y la probabilidad de que se produzcan ciertos fenómenos, como la condensación o la formación de niebla.

Los sensores de humedad relativa pueden utilizar diferentes tecnologías para medir la humedad. Una de las tecnologías más comunes es la capacitiva, que se basa en la variación de la capacitancia de un material en función de la cantidad de humedad que contiene. Los sensores capacitivos suelen ser precisos y estables, pero pueden ser sensibles a la contaminación y a la polarización eléctrica.

Otra tecnología común es la resistiva, que se basa en la variación de la resistencia eléctrica de un material en función de la cantidad de humedad que contiene. Los sensores resistivos suelen ser económicos y fáciles de fabricar, pero pueden ser sensibles a la temperatura y a la contaminación.

Además, también existen sensores de humedad basados en la absorción de la humedad por un material higroscópico, que cambia su propiedad eléctrica en función de la cantidad de humedad que absorbe.

Los sensores de humedad relativa se utilizan en una variedad de aplicaciones, desde el control de la humedad en sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), hasta la medición de la humedad en procesos industriales y en la agricultura. También se utilizan en la meteorología para medir la humedad del aire y en la industria alimentaria para controlar la humedad en la producción de alimentos.

Acelerómetros y giroscopio:

El acelerómetro y el giroscopio son dos tipos de sensores utilizados para medir el movimiento y la orientación de un objeto.

El acelerómetro es un sensor que mide la aceleración en una dirección determinada. La aceleración se define como el cambio en la velocidad de un objeto en relación con el tiempo y se mide en metros por segundo al cuadrado (m/s^2). El acelerómetro mide la aceleración en tres ejes diferentes: el eje X, el eje Y y el eje Z. Esto permite al sensor detectar cambios en la velocidad de un objeto en cualquier dirección. El acelerómetro se utiliza en muchos dispositivos electrónicos, como smartphones, tabletas y consolas de juegos, para detectar el movimiento y la inclinación del dispositivo.

El giroscopio, por otro lado, es un sensor que mide la velocidad angular, es decir, la velocidad de rotación de un objeto alrededor de un eje. El giroscopio mide la velocidad angular en tres ejes diferentes: el eje X, el eje Y y el eje Z. Esto permite al sensor detectar cambios en la orientación de un objeto en cualquier dirección. El giroscopio se utiliza en muchos dispositivos electrónicos, como smartphones, tabletas y consolas de juegos, para detectar el movimiento y la rotación del dispositivo.

En algunos dispositivos electrónicos modernos, el acelerómetro y el giroscopio se combinan en un solo sensor conocido como un sensor inercial. Esto permite al sensor medir tanto la aceleración como la velocidad angular de un objeto en tiempo real. Los datos recopilados por estos sensores se pueden utilizar para una variedad de aplicaciones, desde la navegación y la estabilización de la imagen en dispositivos móviles hasta la monitorización de la actividad física y el control de la robótica.

Comunicación RF:

La comunicación RF (Radio Frecuencia) es un tipo de comunicación inalámbrica que se utiliza para transmitir datos a través del aire utilizando ondas de radio. Este tipo de comunicación se utiliza en una amplia variedad de dispositivos y sistemas, desde radios de dos vías hasta teléfonos móviles, televisores y sistemas de navegación GPS.

La comunicación RF se basa en el principio de la transmisión y la recepción de señales de radio. Los dispositivos de transmisión RF generan una señal de radio que se envía a través del aire y los dispositivos de recepción RF reciben la señal y la decodifican para obtener los datos transmitidos.

Hay varias técnicas utilizadas para la comunicación RF, incluyendo la modulación de amplitud (AM), la modulación de frecuencia (FM) y la modulación de fase (PM). En la modulación de amplitud, la amplitud de la señal de radio se modifica para representar los

datos transmitidos. En la modulación de frecuencia, la frecuencia de la señal de radio se modifica para representar los datos transmitidos. En la modulación de fase, la fase de la señal de radio se modifica para representar los datos transmitidos.

La comunicación RF se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, desde la transmisión de señales de radio y televisión hasta la comunicación inalámbrica de datos en dispositivos móviles y la transmisión de datos en sistemas de control de procesos industriales. También se utiliza en sistemas de seguridad inalámbricos, como los sistemas de alarma y los sistemas de vigilancia.

En resumen, la comunicación RF es una forma de comunicación inalámbrica que se utiliza para transmitir datos a través del aire utilizando ondas de radio. Esta técnica se utiliza en una amplia variedad de dispositivos y sistemas y se basa en la transmisión y la recepción de señales de radio.

Microcontrolador:

Un microcontrolador es un dispositivo electrónico integrado que combina un microprocesador con periféricos de entrada/salida, memoria y otros componentes necesarios para realizar tareas específicas en sistemas embebidos. Estos componentes se encuentran en un solo chip, lo que los hace compactos y eficientes en términos de consumo de energía.⁵

DESARROLLO

Empezamos con la creación del circuito, puesto que conocemos las funciones que requiere nuestro satélite, procedemos a definir cada uno de los sensores o módulos que cumplen con dichas funciones, tomando como criterios consumo energético, versatilidad, compatibilidad, tamaño, comercialización.

Sensor DHT (Digital Humidity and Temperature):

Es un tipo de sensor que se utiliza para medir tanto la humedad relativa del aire como la temperatura ambiente. Estos sensores son ampliamente utilizados en proyectos y dispositivos que requieren monitoreo y control del clima, como estaciones meteorológicas, sistemas de control de clima en interiores, dispositivos de IoT y más.

El sensor DHT utiliza un elemento sensor capacitivo para medir la humedad relativa del aire. Este elemento consiste en una capa sensible a la humedad que cambia su capacidad eléctrica en función del grado de humedad presente en el entorno. A través de la medición de esta capacidad, el sensor puede determinar la humedad relativa del aire.⁶

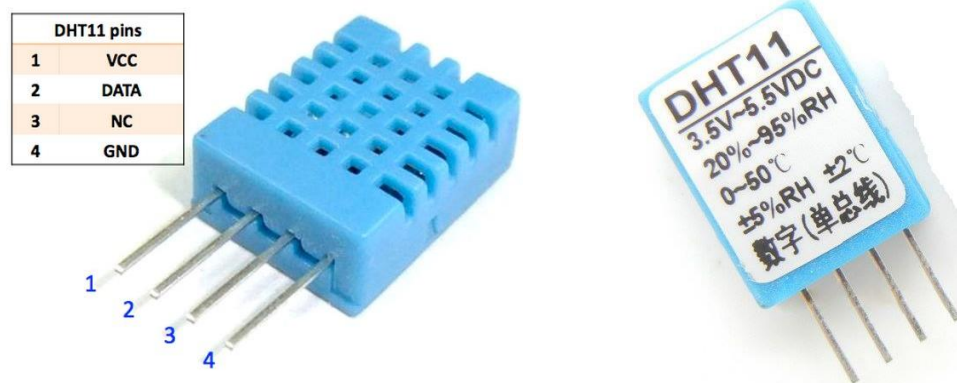
En cuanto a la medición de temperatura, el sensor DHT utiliza un termistor, un componente que cambia su resistencia en función de la temperatura. Este termistor se calibra para proporcionar mediciones precisas de la temperatura ambiente.

La comunicación con el sensor DHT se realiza a través de un protocolo de señal digital, generalmente utilizando un bus de datos como el protocolo One-Wire. Esto permite una conexión sencilla con microcontroladores y otros dispositivos electrónicos.

Una ventaja de los sensores DHT es que son relativamente económicos y fáciles de utilizar. También suelen tener un tamaño compacto, lo que los hace adecuados para su integración en proyectos y dispositivos con espacio limitado.⁷

Es importante tener en cuenta que los sensores DHT no son tan precisos como otros sensores de alta gama. Pueden presentar una pequeña desviación en las mediciones y pueden requerir calibración ocasional para mantener una precisión adecuada.

En resumen, el sensor DHT es un sensor utilizado para medir la humedad relativa del aire y la temperatura ambiente. Es una opción popular en proyectos de monitoreo y control del clima debido a su facilidad de uso, costo asequible y tamaño compacto.



Sensor digital de temperatura y humedad DHT11.^{8,9}

Sensor BME280:

Es un sensor de precisión que combina la medición de temperatura, humedad y presión atmosférica en un solo dispositivo. Es fabricado por Bosch Sensortec y se utiliza en una amplia gama de aplicaciones, como estaciones meteorológicas, sistemas de monitorización ambiental, dispositivos portátiles y más. Utiliza tecnología de microelectromecánica (MEMS) para medir con precisión la temperatura, la humedad y la

presión atmosférica. Está basado en principios físicos y utiliza diferentes elementos sensoriales integrados en un solo chip.

En términos de temperatura, el sensor BME280 utiliza un termistor para medir con precisión los cambios en la temperatura ambiente. Puede proporcionar mediciones de temperatura con una alta resolución y precisión.

Para la medición de la humedad relativa del aire, el sensor BME280 emplea un sensor capacitivo. Este sensor mide los cambios en la capacitancia causados por la humedad y, a partir de ahí, determina la humedad relativa. En cuanto a la medición de la presión atmosférica, el sensor BME280 utiliza un sensor de presión piezoeléctrico. Este sensor mide los cambios en la presión causados por la altitud y las condiciones climáticas, y puede proporcionar mediciones de presión con alta precisión.¹⁰

El sensor BME280 se comunica con otros dispositivos a través de interfaces digitales, como I2C (Inter-Integrated Circuit) o SPI (Serial Peripheral Interface). Esto permite una fácil integración con microcontroladores y otros componentes electrónicos. Una de las ventajas del sensor BME280 es su alta precisión y estabilidad a lo largo del tiempo. Además, es compatible con diferentes niveles de resolución y frecuencia de muestreo, lo que permite ajustar su rendimiento según las necesidades específicas de la aplicación.



BME280 Sensor de presión, humedad y temperatura.¹¹

Sensor MPU6050:

Es un dispositivo de medición inercial utilizado para obtener información sobre la orientación y movimiento de un objeto. Está fabricado por InvenSense y combina un acelerómetro de tres ejes y un giroscopio de tres ejes en un solo chip.

El acelerómetro del MPU6050 permite medir la aceleración lineal en tres direcciones: hacia adelante/atrás, hacia los lados y hacia arriba/abajo. Proporciona información sobre la aceleración experimentada por el objeto en relación con la gravedad y permite detectar cambios en la velocidad o movimiento lineal.¹²

El giroscopio, por otro lado, mide la velocidad angular o la tasa de rotación en torno a los tres ejes. Proporciona información sobre la orientación y cambios en la posición angular del objeto.

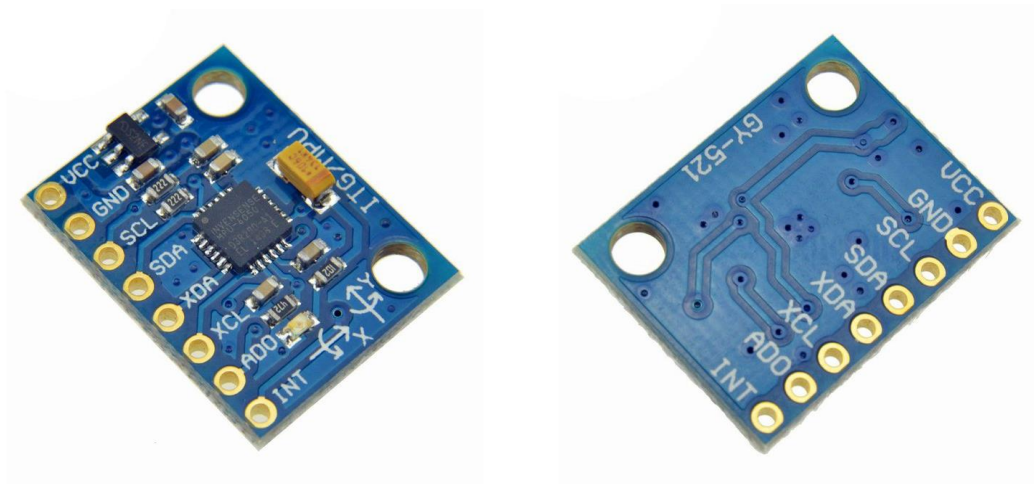
El sensor MPU6050 utiliza un sensor MEMS (Micro Electro Mechanical System) para realizar estas mediciones. Este sistema se basa en la detección de cambios en la capacitancia o resistencia causados por la aceleración y la rotación.

Además del acelerómetro y el giroscopio, el MPU6050 también incluye un termómetro de temperatura integrado que permite medir la temperatura ambiente.

La comunicación con el sensor se realiza a través de una interfaz digital, como I2C (Inter-Integrated Circuit) o SPI (Serial Peripheral Interface). Esto facilita la integración del sensor con microcontroladores y otros dispositivos electrónicos.

El sensor MPU6050 es ampliamente utilizado en aplicaciones como la navegación inercial, la estabilización de vuelo de drones, la realidad virtual, la detección de movimiento y muchas otras aplicaciones relacionadas con la medición de movimiento y orientación.

En resumen, el sensor MPU6050 es un dispositivo inercial que combina un acelerómetro de tres ejes y un giroscopio de tres ejes en un solo chip. Proporciona mediciones de aceleración lineal, velocidad angular y temperatura, y se utiliza en una variedad de aplicaciones relacionadas con la detección de movimiento y orientación.



MPU6050 Sensores de giroscopio analógico de 3 ejes + módulo acelerómetro de 3 ejes.¹³

Módulo NRF24L01:

Es un dispositivo de comunicación inalámbrica de corto alcance utilizado para establecer conexiones de radiofrecuencia entre dispositivos. Es fabricado por Nordic Semiconductor y se basa en la tecnología de radiofrecuencia de banda ISM de 2.4 GHz.

El módulo NRF24L01 permite la comunicación bidireccional entre dispositivos, lo que significa que se pueden enviar y recibir datos de forma simultánea. Se utiliza ampliamente en aplicaciones de Internet de las cosas (IoT), domótica, control remoto, sistemas de seguridad y otros proyectos que requieren una comunicación inalámbrica de baja potencia y corto alcance.

El módulo NRF24L01 utiliza una técnica de modulación llamada modulación de amplitud de impulsos (Pulse Amplitude Modulation, PAM) para transmitir datos. Ofrece varias características y funcionalidades, como:¹⁴

- 1) **Alcance de comunicación:** El módulo NRF24L01 tiene un alcance típico de hasta 100 metros en condiciones ideales. Sin embargo, el alcance real puede variar dependiendo del uso de antenas que pueden extenderlo a más de 1Km, así como del entorno y los obstáculos presentes.
- 2) **Baja potencia:** El NRF24L01 está diseñado para funcionar con una baja potencia de transmisión, lo que lo hace adecuado para dispositivos alimentados por batería o que requieren una eficiencia energética.
- 3) **Configuración de red:** Permite la formación de redes de dispositivos mediante la configuración de canales y direcciones de red. Esto facilita la comunicación entre múltiples dispositivos de forma coordinada.
- 4) **Protocolo de comunicación:** Utiliza un protocolo de comunicación simple y eficiente, con funciones como retransmisión automática de paquetes, detección de colisiones y control de flujo.
- 5) **Pines GPIO:** El módulo NRF24L01 se conecta a través de pines GPIO a microcontroladores u otros dispositivos. Esto facilita su integración en proyectos existentes.

Es importante destacar que para utilizar el módulo NRF24L01 se requiere programación y configuración adecuada en el microcontrolador o dispositivo al que está conectado.

En resumen, el módulo NRF24L01 es un dispositivo de comunicación inalámbrica de corto alcance utilizado para establecer conexiones de radiofrecuencia entre dispositivos. Proporciona una forma eficiente y de bajo consumo de transmitir datos en aplicaciones de IoT, domótica y control remoto, entre otros.



NRF24L01 + PA + LNA Transceptor inalámbrico Módulo transceptor RF 2.4G 1100m.¹⁵

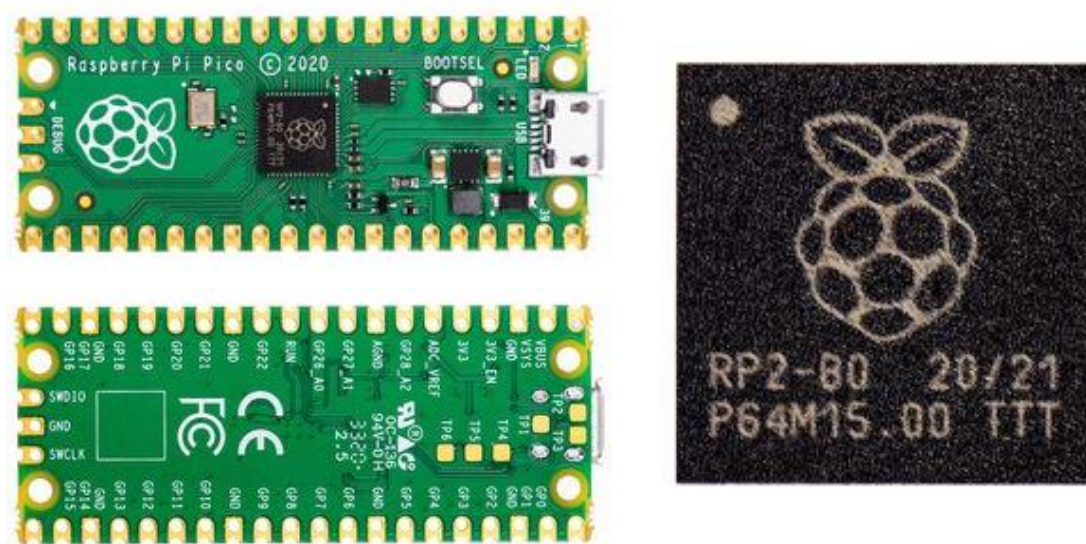
Tarjeta Raspberry Pi Pico:

Es una placa de desarrollo de microcontrolador de bajo costo y alto rendimiento lanzada por la Fundación Raspberry Pi en enero de 2021. A diferencia de las tradicionales tarjetas Raspberry Pi, que son computadoras completas, la Raspberry Pi Pico se centra en la programación de microcontroladores y está diseñada específicamente para proyectos de electrónica y robótica.

La Raspberry Pi Pico está basada en el chip RP2040, desarrollado por Raspberry Pi en colaboración con la empresa de semiconductores de Taiwan, Gigadevice. El RP2040 es un microcontrolador de doble núcleo Cortex-M0+ con velocidad de reloj de 133 MHz, 264KB de RAM y una gran cantidad de pines GPIO para la conexión de periféricos y sensores.¹⁶

La tarjeta Pico es compatible con el entorno de desarrollo de software MicroPython, C/C++ y otras herramientas de programación, lo que la hace accesible tanto para principiantes como para usuarios más avanzados. Además, cuenta con una amplia gama de características, como convertidores analógico-digital (ADC), interfaz UART, SPI, I2C y PWM, lo que la hace versátil y adecuada para una variedad de proyectos.

Al ser una placa de bajo costo y alta flexibilidad, la Raspberry Pi Pico ha ganado popularidad en la comunidad de aficionados a la electrónica y la programación. Se ha utilizado en proyectos como la automatización del hogar, robots, monitores de sensores, controladores de luces y muchas otras aplicaciones.



Raspberry Pi Pico, Tarjeta Microcontrolador, RP2040.¹⁷

Código:

```

1 import dht
2 import machine
3 from machine import Pin, I2C          #importing relevant modules & classes
4 import time
5 import utime
6 import bme280
7
8 global temp
9 global hum
10
11 d = dht.DHT11(machine.Pin(27))        #sensor DHT en pin 27
12 sensor_temp = machine.ADC(4)         #Conversion ADC temp. interna
13 conversion_factor = 3.3 / (65535)
14 i2c=I2C(1,sda=Pin(18), scl=Pin(19), freq=400000)  #initializing the I2C method
15 utime.sleep_ms(100)
16
17 while(True):

```

```

18     d.measure()                                #sensor DHT
19     temp = d.temperature()
20     hum = d.humidity()
21     print(f"Temp. Ext: {temp} °C")
22     print(f"Humedad: {hum} %")
23
24     reading = sensor_temp.read_u16() * conversion_factor    #ADC rasph
25     temperature = 27 - (reading- 0.706)/0.001721
26     print(f"Temp. Int: {temperature}")
27
28     bme = bme280.BME280(i2c=i2c)                #BME280 object created
29     Tk=float(bme.values[0])+273.15
30     Pd=((1013/float(bme.values[1])) ** (1/5.257))
31     Altura= (Pd-1)*Tk/0.0065
32     print('Temperature: ', bme.values[0])        #printing BME280 values
33     #print('Humidity: ', bme.values[2])
34     print('Pressure: ', bme.values[1])
35     print('Heigh: ', Altura,"m")
36     print("-----")
37     utime.sleep(1)                               #delay of 1s

```

```

1  from imu import MPU6050
2  import time
3  from machine import Pin, I2C
4
5  i2c = I2C(0, sda=Pin(0), scl=Pin(1), freq=400000)
6  imu = MPU6050(i2c)
7
8  while True:
9
10
11     # Following rows round values get for a more pretty print:
12     ax=round(imu.accel.x,2)
13     ay=round(imu.accel.y,2)
14     az=round(imu.accel.z,2)
15     gx=round(imu.gyro.x)
16     gy=round(imu.gyro.y)
17     gz=round(imu.gyro.z)
18     tem=round(imu.temperature,2)
19     print(ax,"\t",ay,"\t",az,"\t",gx,"\t",gy,"\t",gz,"\t",tem,"      ",end="\r")
20
21     # Following sleep statement makes values enough stable to be seen and
22     # read by a human from shell
23     time.sleep(0.2)
24

```

```

6  from nrf24l01 import NRF24L01
7  from machine import SPI, Pin
8  from time import sleep
9  import struct

```

```

10
11 csn = Pin(15, mode=Pin.OUT, value=1) # Chip Select Not
12 ce = Pin(14, mode=Pin.OUT, value=0) # Chip Enable
13 led = Pin(25, Pin.OUT) # Onboard LED
14 payload_size1 = 20
15
16 # Define the channel or 'pipes' the radios use.
17 # switch round the pipes depending if this is a sender or receiver pico
18
19 role = "send"
20 #role = "receive"
21
22 if role == "send":
23     send_pipe = b"\xe1\xf0\xf0\xf0\xf0"
24     receive_pipe = b"\xd2\xf0\xf0\xf0\xf0"
25 else:
26     send_pipe = b"\xd2\xf0\xf0\xf0\xf0"
27     receive_pipe = b"\xe1\xf0\xf0\xf0\xf0"
28
29 def setup():
30     print("Initialising the nRF24L0+ Module")
31
32     nrf = NRF24L01(SPI(0), csn, ce, payload_size=payload_size1)
33     nrf.open_tx_pipe(send_pipe)
34     nrf.open_rx_pipe(1, receive_pipe)
35     nrf.start_listening()
36     return nrf
37
38 def flash_led(times:int=None):
39     ''' Flashed the built in LED the number of times defined in the times parameter '''
40     for _ in range(times):
41         led.value(1)
42         sleep(0.01)
43         led.value(0)
44         sleep(0.01)
45
46 def send(nrf, msg):
47     print("sending message.", msg)
48     nrf.stop_listening()
49     for n in range(len(msg)):
50         try:
51             encoded_string = msg[n].encode()
52             byte_array = bytearray(encoded_string)
53             buf = struct.pack("s", byte_array)
54             nrf.send(buf)
55             # print(role, "message", msg[n], "sent")
56             flash_led(1)
57         except OSError:
58             print(role, "Sorry message not sent")
59     nrf.send("\n")
60     nrf.start_listening()

```

```

60
61 # main code loop
62 flash_led(1)
63 nrf = setup()
64 nrf.start_listening()
65 msg_string = ""
66
67 while True:
68     msg = ""
69     if role == "send":
70         send(nrf, "Hello world")
71         send(nrf, "Test")
72     else:
73         # Check for Messages
74         if nrf.any():
75             package = nrf.recv()
76             message = struct.unpack("s",package)
77             msg = message[0].decode()
78
79         flash_led(1)
80
81         # Check for the new line character
82         if (msg == "\n") and (len(msg_string) <= 20):
83             print("full message",msg_string, msg)
84             msg_string = ""
85         else:
86             if len(msg_string) <= 20:
87                 msg_string = msg_string + msg
88             else:
89                 msg_string = ""

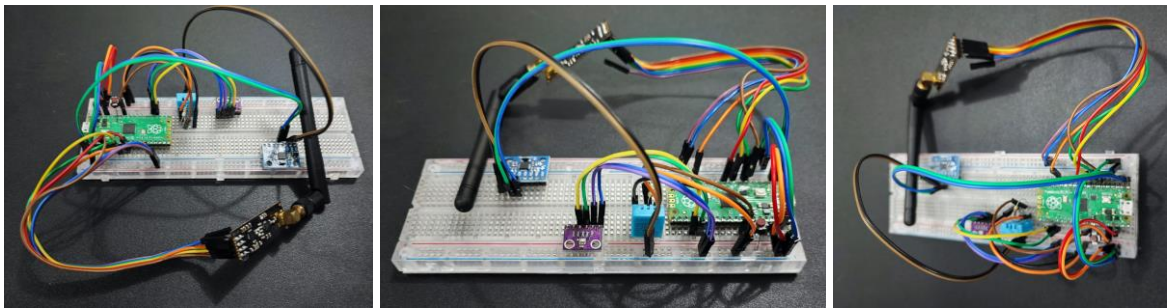
```

Código de programación desarrollado en el software de programación “Thonny” escrito en lenguaje de micro Python, el código fue creado gracias a la investigación de los códigos individuales para cada sensor y modulo, teniendo extremo cuidado al momento de denominar las variables, denominar pines, y puertos de entrada y salida. Para evitar repeticiones o incoherencias.^{18,19,20,21,22,23}

RESULTADOS

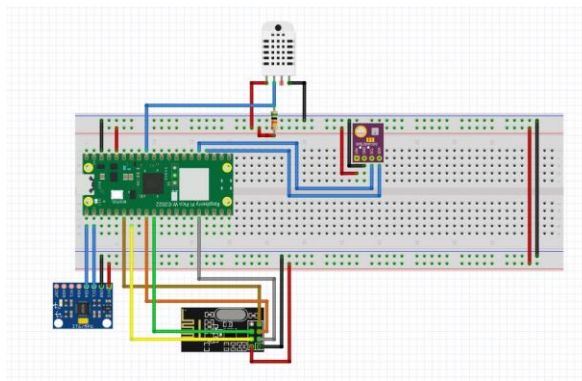
Circuito final en prototipo

Conforme el código fue desarrollado, se llevaban a cabo las conexiones del circuito en físico, agregando un módulo y ejecutando pruebas, agregando un nuevo elemento, y repetir pruebas hasta tener el circuito definitivo el cual fue ensamblado como prototipo en una placa de pruebas.



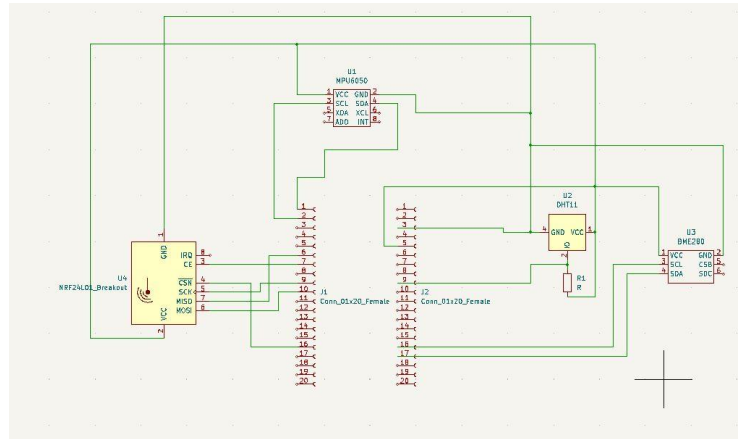
Digitalización del circuito utilizando la herramienta digital “Fritzing”

Esto nos permite una visualización más detallada de las conexiones que no se pueden apreciar con claridad en el circuito físico, permitiendo así su recreación en caso de desconexiones individuales o accidentales.



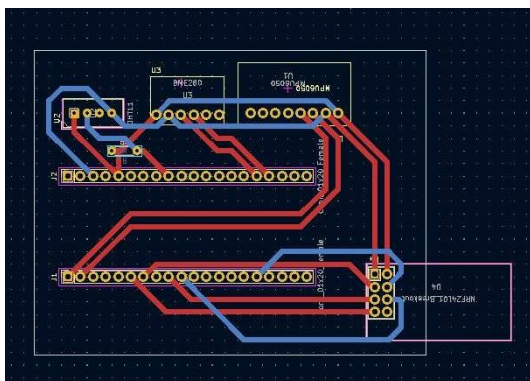
Circuito esquemático en la herramienta digital Kicad

El circuito esquemático es la representación más simple que tenemos, y esa simpleza es la que puede causar confusión al momento de leer las conexiones que muestra, pero asimismo es la sencillez la que permite al software interpretar el circuito y sus conexiones.

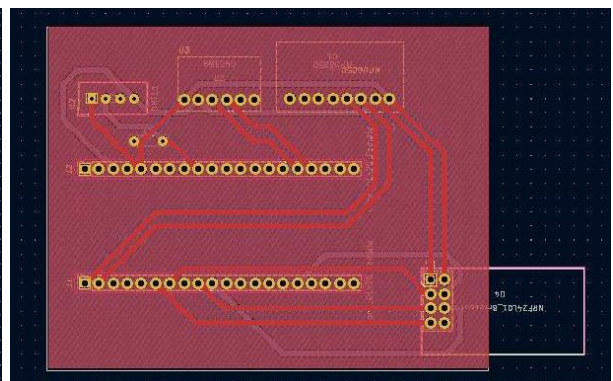


Diseño base de la placa (PCB)

Continuando con el software “Kicad” el siguiente paso es delimitar el área de nuestra placa, realizar el acomodo de los componentes y comenzar el “ruteo” de las pistas de forma manual. La ventaja que presenta la elaboración de una placa es eliminar ruidos indeseados en las señales y las conexiones sueltas, dejando un acabado profesional al circuito.



Diseño de pistas

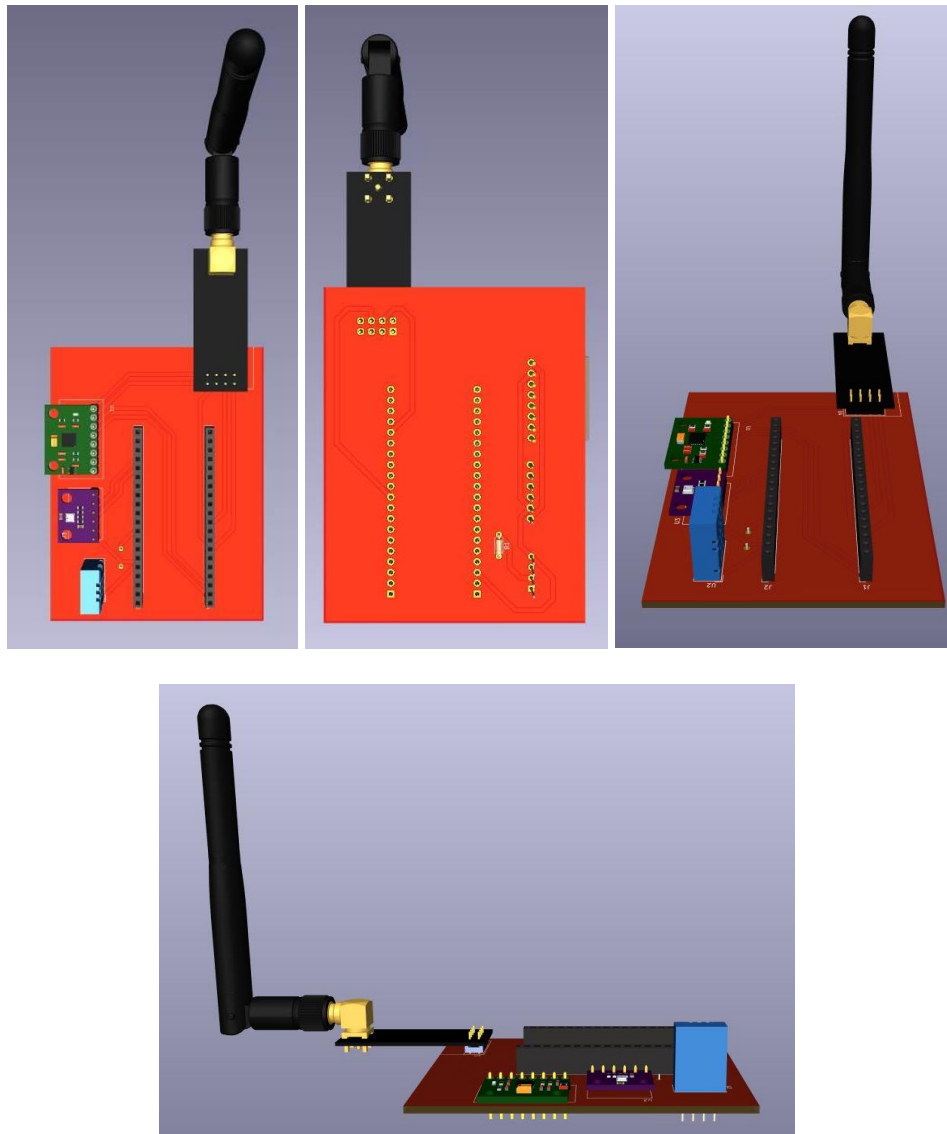


Pistas con máscara añadida

Previsualización 3D

Nos ayuda con un modelo 3D rerenderizado, a modo de previsualización para detectar posibles fallos en el acomodo de los componentes, asegurando un resultado limpio al momento de crear la versión física.

Cabe destacar que no siempre contamos con los modelos 3D de todos los componentes que utilizamos en el proyecto.



CONCLUSIONES

El desarrollo de un pico satélite es un proceso complejo pero apasionante que puede brindar numerosos beneficios y oportunidades de aprendizaje. A través de este proyecto, se pueden adquirir habilidades técnicas, desarrollar competencias profesionales y ampliar el conocimiento en el campo de la tecnología espacial.

Asimismo, el proceso de desarrollo de un pico satélite implica enfrentarse a desafíos y problemas técnicos. La resolución de estos desafíos estimula el pensamiento crítico y la creatividad, y ayuda a desarrollar habilidades de resolución de problemas. La capacidad de abordar obstáculos y encontrar soluciones efectivas es fundamental tanto en el ámbito profesional como en la vida cotidiana.

Además de las habilidades técnicas y de resolución de problemas, el desarrollo de un pico satélite también implica una gestión eficiente de recursos, tanto en términos de tiempo como de presupuesto. La capacidad de planificar y administrar recursos de manera efectiva es una competencia valiosa en cualquier proyecto y organización. Esta experiencia de gestión puede mejorar la capacidad de establecer metas, cumplir plazos y optimizar el uso de recursos limitados.

Para concluir, el desarrollo de un pico satélite ofrece una amplia gama de beneficios y oportunidades de crecimiento personal y profesional. Además de adquirir habilidades técnicas y competencias profesionales, este proyecto estimula el trabajo en equipo, el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la gestión eficiente de recursos. Participar en el desarrollo de un pico satélite es una experiencia enriquecedora que puede tener un impacto significativo en la carrera profesional y abrir puertas a futuras oportunidades en el campo de la tecnología espacial.

COMPETENCIAS DESARROLLADAS

El diseño de un picosatélite de telemetría implica el desarrollo de varias competencias y habilidades técnicas.

- **Dominio de la electrónica y sistemas embebidos:** El diseño de un picosatélite implica la selección y configuración de componentes electrónicos, así como la comprensión de los principios de diseño de circuitos. También implica el desarrollo de habilidades en sistemas embebidos, como el uso de microcontroladores y la programación de firmware.
- **Conocimientos en telemetría y sistemas de comunicación:** La telemetría es una parte fundamental del diseño de un picosatélite. Esto implica la comprensión de los conceptos de adquisición de datos, transmisión de datos, protocolos de comunicación y sistemas de recepción. También es importante comprender las tecnologías de comunicación inalámbrica, como las comunicaciones por radiofrecuencia (RF).
- **Competencias en diseño y fabricación de hardware:** El diseño de un picosatélite implica la selección de componentes, el diseño de placas de circuito impreso (PCB) y la integración de los diferentes módulos y sensores en una estructura compacta. También implica el conocimiento de las técnicas de fabricación y montaje de hardware, así como la capacidad de trabajar con herramientas y equipos especializados.
- **Habilidades de programación y desarrollo de software:** El desarrollo de firmware y software es esencial para el funcionamiento de un picosatélite de telemetría. Esto implica habilidades de programación en lenguajes como MicroPython y el desarrollo de algoritmos para la adquisición, procesamiento y transmisión de datos.
- **Resolución de problemas y pensamiento analítico:** El diseño de un picosatélite implica enfrentar desafíos técnicos y encontrar soluciones creativas. Se requiere habilidades de resolución de problemas y pensamiento analítico para identificar y abordar los obstáculos que puedan surgir durante el proceso de diseño.

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Tecnológico Nacional de México Campus Apizaco. (s.f.). Reseña Histórica. Recuperado de <https://www.apizaco.tecnm.mx/historia/>
2. Tecnológico Nacional de México Campus Apizaco. (s.f.). Misión y Visión. Recuperado de <https://www.apizaco.tecnm.mx/misionvision/>
3. The Failure Institute. (2016). El fracaso en startups tecnológicas en México. Tech Startup Failures in Mexico. The Failure Institute. Recuperado de <https://www.thefailureinstitute.com/es/reports/tech-research-2/>
4. TecNM Bull Tec. (s.f.). Inicio [Página de Facebook]. Facebook. Recuperado de <https://www.facebook.com/profile.php?id=100083543611939>
5. Serrano González, J. C. (2017). Microcontroladores: Fundamentos y Aplicaciones con PIC. México: Alfaomega.
6. Adafruit Industries. (2015). DHT11/DHT22 Temperature & Humidity Sensor. Recuperado de <https://www.adafruit.com/product/386>
7. Adafruit Industries. (2015). DHTxx Sensors - DHT11/DHT21/DHT22. Recuperado de <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/dht.pdf>
8. Mecatronium chips. (s.f.). Sensor De Temperatura Y Humedad DHT11. Recuperado de <https://chips.mecatronium.com/product/sensor-de-temperatura-y-humedad-dht11/>
9. Aerial.net telecommunications (s.f.). Sensor de temperatura/humedad DHT11. Recuperado de <https://www.aerial.net/shop/product/151/1330/tinycontrol-dht11-1wire-temperature-humidity.html>
10. Bosch Sensortec. (2015). BME280: Digital humidity, pressure and temperature sensor datasheet. Recuperado de <https://www.bosch-sensortec.com/media/boschsensortec/downloads/datasheets/bst-bme280-ds002.pdf>
11. Geek Factory. (s.f.). BME280 Sensor de presión, humedad y temperatura. Recuperado de <https://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/bme280-sensor-de-presion-humedad-y-temperatura/>
12. InvenSense. (2010). MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification Revision 3.4. Recuperado de <https://www.invensense.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000-Register-Map1.pdf>
13. Tindie. (s.f.). MPU6050 Sensor. Recuperado de <https://www.tindie.com/products/blinkingsilver/mpu6050-sensor/>
14. Nordic Semiconductor. (2012). nRF24L01 Product Specification. Recuperado de https://infocenter.nordicsemi.com/pdf/nRF24L01P_PS_v1.0.pdf
15. Bodega Aurrera. (s.f.). Accesorios de red. Recuperado de https://www.bodegaaurrera.com.mx/ip/accesorios-para-computadoras/nrf24l01-pa-lna-transceptor-inalambrico-modulo-transceptor-rf-2-4g-1100m-compatible-para-arduino-inevent-mk1470-00/00955085799366?utm_advertiser=baea_bing&msclkid=1655f923137b14028f0c9d7b8a90fa49&utm_source=bing&utm_medium=cpc&utm_campaign=baea_bing

- m_campaign=ba_lf_bing_ecomm_pla_1p_3p&utm_term=4580771611953649&utm_content=ba_sem_pla_1p_3p
16. Raspberry Pi. (s.f.). Paspberry Pi Pico. Recuperado de <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-pico/>
 17. Newark. (s.f.). RASPBERRY PI PICO. Recuperado de <https://mexico.newark.com/raspberry-pi/raspberry-pi-pico/raspberry-pi-board-arm-cortex/dp/22AJ1097>
 18. TodoMaker. (s.f.). Cómo usar el DHT11/DHT22 con las Raspberry Pi Pico. Recuperado de <https://todomaker.com/blog/como-usar-el-dht11-dht22-con-las-raspberry-pi-pico/>
 19. MycroPython. (s.f.). Raspberry Pi Pico Python SDD. Recuperado de <https://controlautomaticoeducacion.com/micropython/raspberry-pi-pico-python-sdk/>
 20. Teletipo. (s.f.). BME280 Interfaz con Raspberry Pi Pico RP2040. Recuperado de <https://www.theelectronics.co.in/2021/10/bme280-interfacing-raspberry-pi-pico-rp2040.html>
 21. Microdigisoft.com. (s.f.). BME280 con Raspberry Pi Pico con SSD1306 usando MicroPython. Recuperado de <https://microdigisoft.com/bme280-with-raspberry-pi-pico-with-ssd1306-using-micropython/>
 22. Beky Electronics. (s.f.). Raspberry Pi Pico con nRF24L01 usando MicroPython. Recuperado de <https://bekyelectronics.com/raspberry-pi-pico-nrf24l01-micropython/>
 23. How to 2 Electronics. (s.f.). Interfaz MPU6050 con Raspberry Pi Pico y MicroPython. Recuperado de <https://how2electronics.com/interfacing-mpu6050-with-raspberry-pi-pico-micropython/>