

PROPUESTA DE RUTA DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL PARA DOS FINCAS
CAFETERAS UBICADAS EN LOS MUNICIPIOS COLOMBIANOS DE ACEVEDO
(HUILA) Y VERGARA (CUNDINAMARCA)

CARLOS MARIO HERNÁNDEZ YÁÑEZ
JUAN MARTÍN FLORES MONTES

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ DC
2021

PROPUESTA DE RUTA DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL PARA DOS FINCAS
CAFETERAS UBICADAS EN LOS MUNICIPIOS COLOMBIANOS DE ACEVEDO
(HUILA) Y VERGARA (CUNDINAMARCA)

CARLOS MARIO HERNÁNDEZ YÁÑEZ
JUAN MARTÍN FLORES MONTES

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIEROS DE
TELECOMUNICACIONES

DIRECTOR
ING FERNANDO PRIETO BUSTAMENTE

CO DIRECTORA
ING MONICA ESPINOSA BUITRAGO

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ DC
2021

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
PALABRAS CLAVE	8
1. INTRODUCCIÓN	10
2. OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GENERAL	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3. METODOLOGÍA	12
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
5. JUSTIFICACIÓN	15
6. ALCANCE	16
7. MARCO LEGAL	17
8. MARCO TEÓRICO	18
8.1. Expansión de la economía cafetera	18
8.2. Organización de los productores colombianos	19
8.3. Trayectoria e importancia del café en la actualidad	21
8.4. Características benéficas para el cultivo de café	22
8.4.1. Características de la región cafetera colombiana.....	22
8.4.2. Comportamientos Ambientales.....	23
8.4.3. Cualidades y variaciones de un cultivo exitoso	25
8.4.4. Ciclo productivo del café.....	26
8.5. Retos de Transformación Digital	35
8.5.1. Conexión rural.....	35
8.5.2. Apropiación de servicios TIC	36
8.5.3. Tecnologías de comercio electrónico	36
9. MARCO CONCEPTUAL	38
9.1. WSN	38
9.1.1. Tipos de red	39
9.1.2. Elementos de red.....	41
9.1.3. Factores de diseño	44
9.1.4. Arquitectura de red	47

9.2. Transformación Digital	59
9.2.1. Importancia de la TD.....	59
9.2.2. Estructura y ejes principales de TD	61
9.2.3. Escalafón evolutivo	62
9.2.4. Pensamiento y cultura	63
9.2.5. Tecnologías de mayor impacto	64
9.2.6. Ciclo Deming.....	66
9.2.7. Características del plan de TD.....	67
9.2.8. Diagnóstico de madurez digital.....	69
10. DESARROLLO.....	73
10.1. Análisis del estado actual de las fincas objetivo	73
10.1.1. Recolección de información, datos técnicos y especificaciones	73
10.1.2. Proceso de diagnóstico	77
10.1.3. Diagnóstico de madurez digital	83
10.2. Proveedores locales de internet	90
10.3. Hoja de ruta de transformación digital	92
10.4. Integración plan de e-commerce	97
10.5 Plan de ejecución y cronograma.	103
8.1. Modelo de conexión red WSN.....	105
8.1.1. Selección de Hardware	105
8.1.2. Modelo de red	115
CONCLUSIONES.....	117
RECOMENDACIONES	118
BIBLIOGRAFÍA.....	119
WEBGRAFÍA	120

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Distribución del área en café en hectáreas según tipo y número de caficultores Fuente: SICA/AFIC. Consolidado a septiembre 30 de 2006	23
Tabla 2: Tipos de sensores. Fuente: Autores.	43
Tabla 3: Comparación de rendimiento en topologías en WSN.	48
Tabla 4: comparación técnica de Zigbee, Lorawan y Sigfox.	52
Tabla 5: Datos técnicos finca Guayacundo. Fuente: Propietarios.	75
Tabla 6: Datos técnicos finca Buenavista. Fuente: Propietarios	77
Tabla 7: Matriz DOFA finca Guayacundo. Fuente: Autores.	80
Tabla 8: Matriz DOFA finca Buenavista. Fuente: Autores.	83
Tabla 9: Diagnóstico de madurez digital para las dos fincas objetivo. Fuente: Autores.	85
Tabla 10: Habilitadores de transformación digital. Fuente: Autores.	87
Tabla 11: ISP Con despliegue en la zona para finca Buenavista. Fuente: Autores.	91
Tabla 12: ISP seleccionado por la finca guayacundo para la conexión y sus características. Fuente: Autores.	91
Tabla 13: Diagrama de Gantt. Fuente: Autores.	104
Tabla 14: Especificaciones técnicas Arduino MKR WAN 1300 Fuente: Arduino	107
Tabla 15: Datos técnicos del sistema de riego. Fuente: Fabricante	109
Tabla 16: Datos técnicos SEN0169. Fuente: Fabricante.	112

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Esquema de desarrollo del proyecto. Fuente: Autores	12
Ilustración 2: Componentes de un módulo sensor.	41
Ilustración 3: Arquitectura red WSN. Fuente: Autores.	47
Ilustración 4: Topología de estrella. Fuente: Autores.	48
Ilustración 5: Topología de malla. Fuente: Autores	49
Ilustración 6: Topología híbrida (estrella-malla). Fuente: Autores.	50
Ilustración 7: Estructura de red. Fuente: Autores.	51
Ilustración 8: Modelo de referencia Zigbee	53
Ilustración 9: Clases de Lora WAN	54
Ilustración 10: Arquitectura sigfox	56
Ilustración 11: Flujo de mensajes Pub/Sub Fuente: Google Cloud	57
Ilustración 12: Ejes centrales para la transformación digital. fuente: Autores.	61
Ilustración 13: Escalafón evolutivo transformación digital - Fuente: Autores	62
Ilustración 14: Diagrama Ciclo Deming Fuente: Google	66
Ilustración 15: Proceso para la formulación de una hoja de ruta. Fuente: Autores	68
Ilustración 16: Eficiencia operativa para diagnóstico de madurez digital. Fuente: Autores.	69
Ilustración 17: Diseño y entrega de productos y servicios para diagnóstico de madurez digital. Fuente: Autores	70
Ilustración 18: Innovación en el modelo de negocio para diagnóstico de madurez digital. Fuente: Autores	71
Ilustración 19: Modelo de referencia e itinerarios de transformación digital. Fuente: Basado en el modelo de MIT Sloan Management: The Digital Advantage: How digital leaders outperform their peers in every industry	72
Ilustración 20: Diagnóstico mapa de madurez digital. Fuente: Autores.	83
Ilustración 21: Madurez digital Finca Guayacundo. Fuente: Autores.	88
Ilustración 22: Madurez digital Finca Buenavista. Fuente: Autores.	88
Ilustración 23: Transición inicial para la fase inicial. Fuente: Autores.	93
Ilustración 24: Transición secundaria para la fase inicial. Fuente: Autores.	96
Ilustración 25: Proyección de madurez digital con la ruta aplicada. Fuente: Autores	105
Ilustración 26: Pin out Arduino MK WAN 1300 Fuente: Arduino	106
Ilustración 27: Ubicación de aspersores. Fuente: Autores	110
Ilustración 28: Ubicación módulo sensor y tubería en bloque de aspersores. Fuente: Autores.	111
Ilustración 29: Raspberry pi 3b+ pinout Fuente: Raspberry documentación	113
Ilustración 30: Diagrama de bloque de la red WSN propuesta. Fuente: Autores.	116

LISTA DE IMAGENES

Imagen 1: Almacigo de café finca Guayacundo. Fuente: Autores	28
Imagen 2: Maquina Becolsub Jotagallo-Finca Guayacundo. Fuente: Autores	32
Imagen 3: Secadero finca Guayacundo. Fuente: Autores.	32
Imagen 4: Trilla de café. Fuente: Autores	33
Imagen 5: Torrefacción del café. Fuente: Autores.	33
Imagen 6: Módulo HD-38 con placa flying fish Fuente: Google	109
Imagen 7: Sensor industrial de PH SEN 0169. Fuente: Fabricante.	112

PALABRAS CLAVE

Desarrollo de una hoja de ruta de transformación digital en para dos fincas cafeteras colombianas, la finca Buenavista ubicada en el municipio Acevedo del departamento del Huila y la fica Guayacundo ubicada en el municipio Vergara del departamento de Cundinamarca. La hoja de ruta se estructuró partiendo de un análisis riguroso de las condiciones técnicas y digitales de las fincas determinando el nivel de apropiación de la tecnología y la brecha digital en cada zona. Partiendo de esto se ejecutó un modelo de madurez, un plan de marketing y el planteamiento de una red de sensores WSN implantada en los procesos de cultivo

AGRICULTURA DE PRECISIÓN: es una estrategia de gestión que recoge, procesa y analiza datos temporales, espaciales e individuales y los combina con otras informaciones para respaldar las decisiones de manejo de acuerdo con la variabilidad estimada, y así mejorar la eficiencia en el uso de recursos, la productividad, la calidad, la rentabilidad y la sostenibilidad de la producción agrícola. [International Society of Precision Agriculture, 2020].

BRECHA DIGITAL: hace referencia a la diferencia socioeconómica entre aquellas comunidades que tienen accesibilidad a las TIC y aquellas que no, y también hace referencia a las diferencias que hay entre grupos según su capacidad para utilizar las TIC de forma eficaz, debido a los distintos niveles de alfabetización y capacidad tecnológica. [Min Tic Colombia, 2020]

CONECTIVIDAD: la conectividad es la existencia simultánea de alternativas y vínculos directos entre los distintos puntos de una red. En esta visión, los usuarios, las computadoras y los servidores, entre otros, hacen parte de las redes tecnológicas. [Lévy 1999, p. 37]

E-COMMERCE: son todas las actividades desarrolladas por medios electrónicos que involucran directamente al consumidor, como ventas, proceso de órdenes de compra, administración de las relaciones con los clientes y desarrollo de programas de lealtad comercial [Juan José Gaitán y Andrés Guillermo pruvost 2001, p.12]

GESTIÓN: se puede reconocer como todo proceso donde se llevan a cabo diligencias para permitir la realización de una operación o proyecto. Tiene como objetivo primordial aumentar los resultados óptimos dentro de una compañía. [Pérez Porto Julián, 2012].

INTERNET DE LAS COSAS: es una arquitectura emergente basada en la Internet

global que facilita el intercambio de bienes y servicios entre redes de la cadena de suministro y que tiene un impacto importante en la seguridad y privacidad de los actores involucrados [R. H. Weber, 2010].

TRANSFORMACIÓN DIGITAL: es el proceso de cambio que una empresa ha de emprender para adaptarse a este mundo digital, combinando inteligentemente la tecnología digital con sus conocimientos y algunos de sus procesos tradicionales esenciales, para así lograr diferenciarse y ser más eficiente, competitiva y rentable. [de la Peña Anzar & Cabezas, 2015]

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES (TIC), son el conjunto de recursos, herramientas, equipos, programas informáticos, aplicaciones, redes y medios; que permiten la compilación, procesamiento, almacenamiento, transmisión de información como: voz, datos, texto, video e imágenes [Art. 6 Ley 1341 de 2009, Colombia].

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo del desarrollo se expondrá la actualidad de la producción de café en el territorio nacional, como también cifras significativas del pasado y presente, buscando dar claridad del panorama actual y de la importancia de consolidar iniciativas que permitan potenciar la producción de calidad de este producto en el territorio nacional, es de suma importancia tener en cuenta la aceptación de los nuevos modelos de agricultura de precisión dando a entender sus beneficios e impactos en la economía campesina.

Se expondrán los puntos más críticos y de mayor impacto de una ruta de transformación digital para el sector agro que se especializa en la producción de café, dando a conocer los beneficios de su aplicación, las mejores prácticas para hacerlo y lograrlo, generando también mayor valor en el producto final, estos puntos serán expuestos en dos fincas ubicadas en 2 municipios de Colombia, Vergara (Cundinamarca) y Acevedo (Huila), ambas cuentan con retos de conectividad y circunstancias diferentes.

La investigación y desarrollo de este proyecto se procesó con el análisis cuantitativo y cualitativo de los impactos dentro del territorio nacional, enfocado en datos reales provenientes de las fincas objetivo y el municipio donde se encuentran, con esto se desarrolla un marco de acción participativa en donde por medio de las experiencias y conocimientos de campesinos y pobladores de las zonas objetivo, se logran dar desarrollo y definición a las problemáticas que se logran evidenciar.

Estos acercamientos con las comunidades campesinas y productores permiten entender de una mejor forma la importancia de la labor que desarrollan y las vías de mejoramiento que pueden ser aplicadas en beneficio de ellos como del desarrollo económico y social del país, esto lograr consolidar una ruta de mejora que les permita adaptarse a las nuevas tecnologías y prácticas.

Se tendrán en cuenta todos los datos relacionados con esta práctica para poder determinar las mejores prácticas y una ruta de transformación digital que se ajuste a las necesidades que se evidencien en las fincas cafeteras objetivo, esto integrado también con un plan de comercio electrónico que les permita ser más competitivas frente al mercado emergente del café, con la posibilidad de estar a la vanguardia y la capacidad de adaptarse al cambio constante de la industria digital.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer una ruta de transformación digital para fincas cafeteras en Colombia teniendo en cuenta retos de conectividad rural y apropiación de servicios de Tecnologías de la Información y las comunicaciones.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar el estado actual de las fincas a nivel de producción y comercialización de café con el fin de proponer los servicios de Tecnologías de Información y Comunicaciones convenientes para sus necesidades.
- Proponer modelos de conexión adecuados para las dos fincas objetivo partiendo de estudios técnicos locales como parte del desarrollo de la hoja de ruta de transformación digital.
- Diseñar una hoja de ruta para ambas fincas que permita evidenciar los retos de apropiación tecnológica, el impacto de los cambios propuestos a los modelos de producción tradicionales y la optimización de los recursos en la cadena de valor.
- Diseñar un plan de e-commerce que permita aumentar la cadena de valor de las dos fincas buscando ampliar los canales de distribución además de permitir un contacto directo con el cliente final.

3. METODOLOGÍA

Este proyecto se realizará bajo el enfoque de investigación de acción participativa, que permite hacer un análisis crítico de la mano de los grupos implicados, con el fin de comprender sus problemas, necesidades, capacidades y los recursos con los que se cuentan y, con esta información, establecer acciones para mejorar la realidad de dicho grupo.

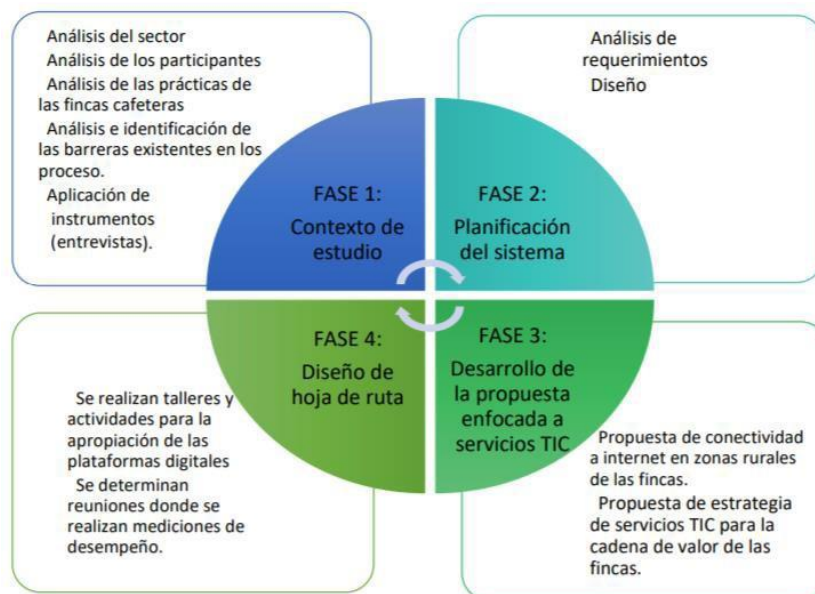


Ilustración 1: Esquema de desarrollo del proyecto. Fuente: Autores

- **Fase 1:** Contempla el contexto del estudio a realizar, en donde se tendrán cuenta aspectos esenciales para el desarrollo de los objetivos, iniciando por un análisis del sector objetivo, los participantes y personal involucrado y prácticas actuales de las fincas objetivo, ya con estos datos se continúa con la identificación de barreras y dificultades en los procesos para finalmente generar la aplicación de los instrumentos o herramientas.
- **Fase 2:** Será formulado el análisis para los parámetros y requerimientos del diseño de la solución y hoja de ruta a implementar en las fincas cafeteras objetivo.
- **Fase 3:** Teniendo ya en cuenta los datos y análisis ya generados se realizará el desarrollo de la propuesta enfocada en servicios TIC y plan de e-

commerce, en donde dependiendo de los datos recolectados se presentarán soluciones enmarcadas en una propuesta de conectividad para las fincas como también la propuesta de estrategia de servicios TIC para la cadena de valor de la finca objetivo.

- **Fase 4:** Se realizará entrega y explicación de la hoja de ruta propuesta para la transformación digital de las fincas cafeteras, en donde se aplicarán buscando permitir la apropiación y entendimiento de las nuevas tecnologías, plataformas digitales, con la intención de lograr aplicar las propuestas sugeridas en la hoja de ruta.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Basado en el Banco Mundial, el producto interno bruto (PIB) de Colombia se encuentra en constante fluctuación con tendencias decrecientes desde el año 2011 y con leves crecimientos del 2.69% en el año 2018. En los últimos años, la producción de café por hectárea en Colombia ha disminuido considerablemente; contrario a otros países productores de café como Vietnam, Indonesia y Etiopía, que lograron aumentar esta cifra significativamente. En consecuencia, la importancia y el impacto que tiene la exportación de café en la economía en Colombia también ha disminuido. Según la Organización Internacional del Café (ICO), la cantidad de café exportado por Vietnam en 2018 es 20 veces mayor a la exportaba en 1990, mientras que en Colombia durante el mismo periodo de tiempo se ha tenido un leve decrecimiento.

Este decrecimiento de la producción se debe a la poca evolución de los procesos ya que en la mayoría de fincas productoras, las prácticas artesanales no se controlan de forma técnica. El MinTIC Colombiano indica que de ser adoptadas las tecnologías de información y comunicaciones (TIC) en los diferentes sectores económicos se lograría mejorar notablemente.

Según informes de conectividad rural colombiana, en los centros poblados y rurales dispersos, la conectividad a internet es de solo el 16% lo que indicaría que el despliegue de estas tecnologías no sería posible por la falta de conexión, una segunda dificultad sería el desarrollo de infraestructura por profesionales en TIC en donde para el despliegue de estas infraestructuras es necesario ceñirse a los requerimientos regulatorios y técnicos de un diseño de red.

Esta brecha digital, dificulta la implementación de herramientas y recursos TIC en estas zonas. Adicionalmente, la baja apropiación tecnológica de los habitantes genera una resistencia adicional a la implementación de cambios en sus métodos agrícolas tradicionales. Por otra parte, las bajas utilidades que deja el comercio tradicional también es una limitante para que los agricultores hagan inversiones en el campo tecnológico.

5. JUSTIFICACIÓN

La agricultura es una actividad económica que generalmente se hereda por generaciones sin sufrir muchos cambios, por tanto, la mayoría de las plantaciones de café en Colombia funcionan con procesos tradicionales, en los que la asistencia más común son herramientas que se limitan al reemplazo de fuerza humana, por ejemplo, en el transporte y descerezado. Sin embargo, en los últimos años, la inmersión de la tecnología en todos los campos incluido el de la agroindustria, ha demostrado tener un impacto positivo en la producción y calidad de los productos.

En Colombia existen múltiples retos a la hora de mejorar la producción de café, por esto surge la necesidad de realizar un análisis del proceso de transformación digital del sector agroindustrial, teniendo como prueba piloto dos fincas cafeteras ubicadas en los municipios de Vergara, Cundinamarca y Acevedo, Huila en donde se busca desarrollar un modelo que se pueda replicar a otros territorios productores de café. En el proceso de transformación digital es necesario tener en cuenta la conectividad y herramientas IoT que pueden ser implementadas para aumentar la optimización de los procesos y así lograr mejorar considerablemente la cadena de valor de las fincas. Cuando los cultivos son completamente asistidos y controlados con tecnologías digitales, se denomina agricultura de precisión (PA) por sus siglas en inglés (ISPA,2019). La PA consiste en la recolección y análisis de variables de producción con el fin de tomar acciones correctivas oportunas para maximizar los resultados esperados.

Lograr la transformación digital en los primeros niveles de la industria cafetera genera un beneficio global en el sector, ya que, por un lado, los productores campesinos podrán acceder al campo del e-commerce, ampliando la cobertura de su negocio y aumentando de manera sustancial sus ingresos al llevar su propio producto al consumidor final. Y, por otra parte, las grandes empresas en el mercado de la exportación de café podrán rastrear con mayor facilidad.

6. ALCANCE

En la busca de promover el campo Colombiano y uno de sus productos más representativos a nivel mundial es necesario tener en cuenta el análisis de sector, la cadena de participación en la elaboración del producto, generar un entendimiento también de las prácticas existentes en la fincas objetivo, identificar también las barreras que evitan o dificultan una aplicación certera de nuevas prácticas y con esto identificado se da la aplicación de los instrumentos por medio de participación de la comunidad objetivo.

Dentro del marco de acción participativa en el que se desarrollará el proyecto se tendrá en cuenta una solución que ayude a la comunidad cafetera nacional y genere un cambio, específicamente a partir de la implementación y apropiación de herramientas TI. El planteamiento del proyecto generará un plan de ruta de transformación digital tomando inicialmente como referencia 2 fincas cafeteras, la finca Guayacondo ubicada en el municipio de Vergara - Cundinamarca y la finca Buenavista ubicada en el municipio Acevedo - Huila, buscando también aumentar la cadena de valor del café en estas dos fincas.

Para la generación del modelo se realizará un análisis de requerimientos para el diseño de la solución, una vez se tenga esto en cuenta se dará el desarrollo de la propuesta enfocada a servicios de tecnologías de la información, en donde se encuentran definidas la propuesta de conectividad y la propuesta de servicios TIC para la cadena de valor de las fincas objetivo. Con esto y la participación en talleres de la comunidad se espera generar la apropiación de las prácticas y plataformas digitales que permitan dar un seguimiento del desempeño de las medidas aplicadas.

se espera que este documento pueda generar beneficio para los caficultores de la zona, ya que podrán tener acceso a la información que se recaude y el ejemplo de la aplicación de este modelo en las fincas mencionadas. Para asegurar la apropiación de las herramientas que se planteen, se tendrán espacios de capacitación para el personal de las fincas con el fin de lograr un uso adecuado, seguro y efectivo de estas. La capacitación construirá las bases para que, de manera autónoma, puedan entrar en un proceso de mejora continua de los procesos, por medio de la retroalimentación de las prácticas actuales, las nuevas experiencias y más adelante la integración de nuevas herramientas.

7. MARCO LEGAL

Ley 527 de 1999: En esta ley se define y reglamenta el acceso y uso de los datos del comercio electrónico, las firmas digitales y se establecen algunas entidades de certificación. Determina tipos de datos comunicados y almacenados en las transacciones a nivel como tal del comercio electrónico establece operaciones comerciales, acuerdos de distribución, tipos de operaciones y acuerdos de exploración.

Ley 1581 de 2012: Tiene por objeto establecer el derecho constitucional de las personas por conocer actualizar y rectificar datos personales entregadas a base de datos o archivos. Establece también derechos, libertades y garantías respaldadas por los artículos 15 y 20 de la constitución política. Establece principios rectores, categorías especiales, procedimientos, derechos y condiciones de tratamiento de los datos y deberes y sanciones para los responsables de los datos.

Ley 1480 de 2011: Nuevo estatuto del consumidor, regula la calidad, idoneidad, seguridad de bienes y servicios; responsabilidades, información que debe ser suministrada de los productores y proveedores para con los clientes.

Ley 1978 de 2019: Tiene por objeto alinear incentivos de los agentes y autoridades del sector TIC; simplificar y modernizar el marco institucional del sector y focalizar las inversiones con el objetivo de disminuir la brecha digital en el país potenciando la participación del sector privado en el desarrollo de proyectos asociados con estos objetivos.

8. MARCO TEÓRICO

8.1. Expansión de la economía cafetera

En Colombia, posterior a la guerra de los mil días la economía en torno al café sufrió, una vez se estabilizó y se recuperaron los precios del café, sumado a las políticas de estímulo y protección que fueron dictadas por el estado, el café recobró su trayectoria de años anteriores y continuó con su expansión, ahora impulsada como medida mediática para mejorar la economía y generar ingresos en los campesinos y los hacendados de las zonas productoras, el modelo se replicó en propiedades pequeñas y medianas, las haciendas se fueron particionando y rezagando frente a los nuevos modelos de producción independiente familiar, esto fue mucho más notorio en el occidente.

El café fue una fuente considerable de crecimiento para la economía, gracias a que su explotación era sencilla, tenía una facilidad en su manejo y la inversión no era tan alta, lo que permitía que campesinos independientes lograran replicar el modelo de cultivo en pequeños y medianos terrenos, logrando generar ingresos y aumentar la competitividad, esto también erradicó en gran medida los conflictos entre propietarios y trabajadores. Para el periodo de 1874 a 1920, la cultura cafetera tuvo extensiones del oriente al occidente, buscando mejores propiedades en la tierra, buscando tan bien mejor acceso a puertos de exportación y mejores canales de distribución, logrando generar ventajas considerables en exportaciones y distribución nacional.

A lo largo de la trayectoria cafetera en el territorio, se presentaron cambios pertinentes después del asentamiento y expansión de la cultura cafetera en donde para el año de 1932 había alrededor de 150.000 propiedades con pequeños, medianos o grandes cultivos de café, con una concentración principalmente ubicada en el oriente y parte de Antioquia. La pequeña propiedad ósea fincas pequeñas y medianas, representan un gran volumen de producción cafetera, cerca del 95.4% del 100% de las fincas censadas, producían aproximadamente un 56.4% del café nacional y el otro 4.6% eran grandes haciendas y producían el 43.6% de la producción restante.

Acompañados de los cambios geográficos del café, también se presentaron cambios en el transporte y exportación de café en Colombia en donde por vías marítimas, en la ruta del río Magdalena, se tornó mucho más costosa y complicada, dando más oportunidades al uso del ferrocarril de la época, que era del Pacífico y

que cruzaba por zonas productoras de Antioquia y caldas para el transporte hacia buenaventura haciéndola una ruta más económica y viable, para el año de 1950 se exportó por buenaventura el 64% del café y por Barranquilla el 29.7%, 10 años después ya solo salía el 3.5% por barranquilla.

La federación nacional de cafeteros tiene gran participación y reconocimiento en el territorio nacional gracias a que consolidó diferentes prácticas procesos y exposición tanto a nivel nacional como internacional. Esta federación fue fundada el 27 de junio de 1927, por lo que cuenta con una trayectoria de 93 años, su propósito desde su fundación fue proponer una organización del comercio cafetero y desplazar las firmas cafeteras privadas, lo que dio frutos para 1940 en donde se estableció el pacto de cuotas para el mercado americano logrando establecer una flota mercante de gran éxito exportador de café, parcialmente los destinos eran diferentes con los cargamentos de café.

Las exportaciones en este proceso se vieron fuertemente respaldadas por el gobierno americano, ya que después de la primera guerra mundial se tuvo gran acogida del producto colombiano, esto permitió que se dieran casas comerciales colombianas establecidas en estados unidos, permitiendo que se accediera a créditos comerciales en estados unidos.

8.2. Organización de los productores colombianos

La organización de todo el movimiento y cultura cafetera sería una tarea de gran complejidad ya que con la gran expansión y diferentes canales de distribución y transporte, además de las nuevas rutas de exportación, sin duda era fundamental contar con un núcleo organización, para la época entre 1875 y 1930, se presentaron varios intentos de organización, pero estos eran descentralizados y por regiones o manejo privado, hasta que se consolidó formalmente la Federación nacional de cafeteros en 1927, esto tuvo un gran precedente e importancia, ya que por primera vez se logró fundar y consolidar una conciencia gremial apoyada por los intereses comunales de los productores, además de lograr unificar las dificultades y presentar soluciones acordes a todos, como las fluctuaciones en el precio, los costos y rutas de transporte, los impuestos, problemas con las producciones, manejo de comercialización, puja por un ministro de agricultura, manejo de exportaciones, todo eso junto y enfocado logró una mayor presencia en el territorio nacional.

Los tantos esfuerzos por regularizar la actividad de los agricultores terminaron con la consolidación de un ministerio de agricultura el cual se logró con la ley 25 de 1913, pocos años después, en el año de 1924, el ministerio de agricultura pasó a

ser el Ministerio de industria y comercio con un apartado dedicado a la agricultura, en este trayecto se dio la fundación del banco agrícola hipotecario, se mejoró la selección de semillas y plantas, para entonces también se creó Fedecafé y en diferentes departamentos se fundaron sociedades cafeteras y agrícolas. En 1932 se creó nuevamente el ministerio de agricultura de manera independiente buscando integrar medidas unidas para el campo agrario en Colombia propuesta que se volvió a integrar esta vez al ministerio de economía e industria, lo que para la época la comunidad agricultura se cuestionaba el apoyo e importancia que el gobierno les prestaba, aunque los cafeteros siempre tuvieron gran relevancia e incidencia en la definición de políticas agrarias como órgano de consultoría para el gobierno.

La sociedad de agricultores de Colombia se presentó como una sociedad que unifica sectores agrícolas más allá del café, incluyendo los intereses en productos como la caña de azúcar, ganadería, leche y productos de diferentes climas, para 1909 se le otorga a esta sociedad el carácter de cuerpo consultivo del gobierno y solo hasta 1914 se le concedió la personería jurídica a la sociedad de agricultores de Colombia (SAC) y para el año de 1926, posterior a la ley 74, se consolidó en cada capital de departamento una sociedad de agricultores que tenían conexión directa con la organización. En 1911 en el consejo nacional de agricultores la SAC se enfocó en 95 puntos toda una plataforma o criterio para el desarrollo de la agricultura. La SAC centró sus esfuerzos en lograr reducir el precio de los fletes y las tarifas para los agricultores, además de luchar por qué no hubiera imposición de impuestos para la exportación, mejora continua de las vías.

El orden que se logró consolidar teniendo en cuenta los diferentes procesos, cambios y adaptaciones de la agricultura cafetera, se definió en el segundo congreso nacional de cafeteros que se llevó a cabo en la ciudad de Medellín, para ese entonces se logró consolidar la estructura de la Federación Nacional de Cafeteros, el año 1927, que la dirección de esta federación estaría a manos del congreso cafetero, el comité nacional, sería elegido por el congreso y los comités departamentales serán elegidos por las juntas municipales por medio de un sistema democrático para su selección, haciendo procesos transparentes de bien común para todos los implicados. también en esa fecha se propusieron los estatutos, y se había efectuado su fundación, a falta de recursos para su funcionamiento, en la primera reunión del Comité Nacional Cafeteros del 3 de agosto de 1927, los participantes concordaron aportar una cuota de sus bolsillos para iniciar las operaciones, para eso entonces el valor del aporte fue de 35 dólares, con estos aportes se logró dar inicio a las operaciones de la Federación, en donde fue Alfredo

Cortázar Toledo, el primer gerente, ese mismo año se firmó un contrato del gobierno con la federación para mes de octubre de ese año, buscando dejar en firme la reglamentación de la ley en donde la federación se sometía a ser auditada y vigilada por el gobierno, se diera cumplimiento a los gravámenes establecidos.

8.3. Trayectoria e importancia del café en la actualidad

Para el año de 1960, Colombia gozaba de ser, después de Brasil, el segundo productor mundial de café de diferentes especies, con cerca de 892.547 hectáreas cultivadas en café, siendo el pico más alto de hectáreas cultivadas en esa década, estas hectáreas cultivadas equivalen a 578.041 toneladas de café, lo que a su vez equivale a 5.937.749 sacos, los sacos con un peso aproximado de 100 kilogramos, la medida de los sacos varía ampliamente dependiendo de la fase de producción y la finalidad del mismo, dependiendo si es para exportación o distribución nacional, Este año fue el pico máximo de la década en cuanto a hectáreas sembradas ya que, gracias a las plantaciones emergentes en África de café, a un precio mucho menor que el colombiano o el brasilero, decayeron los precios (Factores Colombianos, 1962).

A raíz de esta competencia desmedida se consolidó entre los países productores a suscribir un pacto mundial cafetero buscando regular la producción de café, para que así también se lograra controlar el exceso de café en el mercado que produjera caídas alarmantes en los precios del café internacional, este pacto aportó por aproximadamente 2 décadas, hasta que se deshizo a finales de los años 80, Posterior a esto en 1983 en Colombia se incrementaron notablemente las exportaciones de café, con una cantidad aproximada de 8.990.859 sacos, cada uno con un peso de 60 kg, dejando cabida a datos como que actualmente existen más de 50 países que producen y comercializan café, pero Brasil, Colombia y México son los principales productores con un 53% de producción a nivel mundial, para Colombia los principales compradores son Estados Unidos, Japón, Suecia, Holanda, Alemania y la Unión Europea. Para el año 2000 ya el café colombiano se encontraba cotizando en la bolsa de Nueva York, en un valor de 1.19 Dólares la libra.

Para el 2005 se le otorgó al café la denominación de origen, ya reconocido por el gobierno de Colombia, para este mismo año y buscando avanzar en la protección e interés del producto se realizó la solicitud de indicación geográfica protegida ante la Unión Europea para el café enteramente de Colombia, siguiendo con el proceso se adjudicó el 27 de septiembre del 2007, esta denominación se otorga al café 100% arábigo (Café arábica) el cual se produce en el territorio colombiano en las regiones

cafeteras, con un rango de longitud y latitud, como también unos rangos específicos de altitud, la marca de café colombiano también se encuentra protegido y registrado ante estados unidos desde el 7 de julio de 1981 y en Canadá a partir del 6 de julio de 1990.

A nivel internacional Colombia ocupa el tercer lugar como productor de café además de ser el primero como productor de café suave en el mundo, en el territorio nacional se destacan como focos de producción los departamentos de Nariño, Norte de Santander, Valle del Cauca, Antioquia, Cundinamarca, Huila, Cauca, Caldas, Quindío, Tolima y Risaralda, siendo estos últimos conocidos en conjunto como la región del Eje Cafetero.

8.4. Características benéficas para el cultivo de café

El ciclo productivo del café tiene gran cantidad de componentes y aspectos importantes a tener en cuenta, tales como las características de las regiones cafeteras comprendidas en el territorio nacional, su distribución y aportes a la producción nacional de café, pasando por aspectos topológicos, climáticos, recursos hídricos, la incidencia de la flora y fauna alrededor de las plantaciones, la temperatura, el cronograma y época de siembra, la densidad de la siembra, teniendo en cuenta los tipos de cultivo óptimos dependiendo del terreno, la importancia del sombrío para el ciclo óptimo del café, el control de plagas entre otros aspectos benéficos de los cultivos que son necesarios considerar para lograr obtener una alta calidad de producción y beneficio al campesino.

8.4.1. Características de la región cafetera colombiana

Las principales zonas cafetaleras las encontramos a lo largo de las 2 vertientes de las 3 grandes cordilleras del país, gracias al SICA (Sistema de Información Cafetera) se registra que en la actualidad registra información de 564 municipios en 16 departamentos cafeteros del país, el estudio se llevó a cabo con alrededor de 3.2 millones de hectáreas y cerca de 2 millones de personas que viven en estas áreas, de este estudio se logra concluir que existen más de 518.000 caficultores, donde aproximadamente el 94% poseen menos de 5 hectáreas de plantaciones de café, y la superficie total de plantación de café es superior a las 881.000 hectáreas, en donde el promedio nacional es de 1.7 hectáreas, estas producciones constituyen el capital social del subsector cafetero.

Departamento	Tradicional		Tecnificado (1)		Tecnificado envejecido(2)		Total	
	Área	Caficultores	Área	Caficultores	Área	Caficultores	Área	Caficultores (*)
Consolidado Nacional								
Antioquia	7.044,30	9.569	73.698,19	50.038	45.560,86	62.110	126.303,35	88.630
Boyacá	4.226,06	7.463	3.365,05	4.678	3.241,07	4.597	10.832,18	12.556
Caldas	7.814,82	8.105	58.259,45	27.911	23.063,29	23.871	89.137,56	39.770
Caquetá(**)	300,86	229	1.924,71	1.582	551,84	559	2.777,41	1.853
Casanare(**)	1.843,98	1.313	601,62	631	176,78	130	2.622,38	1.682
Cauca	14.483,29	25.821	33.081,30	47.160	20.424,83	40.884	67.989,42	85.562
Cesar	10.842,15	3.306	4.569,12	2.019	5.731,01	2.606	21.142,28	4.828
Cundinamarca	18.783,70	18.428	20.249,16	19.471	11.871,00	13.744	50.903,86	37.963
Huila	7.346,14	8.633	63.455,44	44.984	24.311,83	30.483	95.113,41	60.816
Guajira	2.690,72	853	775,25	372	923,24	523	4.389,21	1.095
Magdalena	10.079,53	1.605	3.208,70	991	5.049,81	1.408	18.338,04	2.314
Meta(**)	692,57	318	1.406,53	1.222	681,23	547	2.780,33	1.642
Nariño	1.578,85	3.822	16.868,96	20.227	8.313,67	14.718	26.761,48	30.795
Norte de Santander	14.103,09	9.751	9.476,61	7.899	8.559,78	9.310	32.139,48	16.677
Quindío	4.425,66	1.583	27.041,75	4.971	12.517,79	3.359	43.985,20	6.807
Risaralda	2.842,44	2.700	42.710,73	16.451	10.620,78	9.286	56.173,95	20.342
Santander	6.348,37	8.455	22.839,13	19.551	12.060,43	16.316	41.247,93	31.159
Tolima	22.506,23	15.681	45.587,47	30.768	37.004,27	30.207	105.097,97	52.030
Valle	13.430,02	6.964	44.671,83	14.050	26.025,61	13.778	84.127,46	21.594
Total nacional	151.382,78	134.599	473.791,00	314.976	256.689,12	278.436	881.862,90	518.115

Tabla 1: Distribución del área en café en hectáreas según tipo y número de caficultores
Fuente: SICA/AFIC. Consolidado a septiembre 30 de 2006

8.4.2. Comportamientos Ambientales

En el proceso de cultivo de café, los factores ambientales y de clima son de suma importancia ya que de esto pueden depender factores de calidad, preservación del cultivo, entre otros factores a nivel regional como en finca.

- **Energía Solar.**

La energía solar se comprende una gran fuente de energía adaptable, así mismo es un factor determinante en los microclimas presentes en los cultivos, además de la temperatura de las corrientes de aire, del terreno y mayormente la fotosíntesis, el café también lleva este proceso, por lo que necesita esta fuente solar, para realizar varios procesos. Gracias a que Colombia se encuentra próxima a la zona del ecuador, cuenta con abundante exposición solar a lo largo de todo el año, esta exposición solar media varía entre 35.7 y 36.1 MJm ^{[[^2]]} día ^{[[^(-1)]]} esto para latitudes de 12° y 0° respectivamente, con un cielo despejado podría ser posible tener, como máximo, entre once y doce horas diarias de exposición solar.

- **Importancia del Suelo y Clima para el Café.**

El suelo es posiblemente el factor más importante en el ciclo productivo del café, ya que en la calidad del terreno donde se siembra el cultivo, puede depender la eficiencia del crecimiento y el desarrollo de los cafetales, así mismo puede contar con resistencia a plagas y enfermedades como también la duración de la vida productiva de los cafetales.

Las prácticas de conservación de los suelos son muy recomendables en las plantaciones y existen múltiples métodos orgánicos e inorgánicos que se desarrollan con el fin de mejorar los índices de producción de los cultivos. Teniendo en cuenta que los factores meteorológicos en Colombia son muy variables es prácticamente imposible poder asegurar unos niveles estables en los cultivos de libre exposición. Sin embargo, a lo largo del tiempo se han desarrollado múltiples estudios que han permitido establecer rangos ideales en diferentes factores que afectan los niveles de producción y salubridad de los cultivos. Este apartado se enfocará específicamente en los factores medibles con sensores.

Condiciones agroecológicas ideales para la producción de los cafetos

- **Temperatura:** La FNC establece que la temperatura media óptima para los cultivos de café está entre 18°C y 22.5 °C. También se especifica que la ubicación de los cultivos en una misma latitud puede generar variaciones climáticas de 2°C. Los niveles de temperatura solo afectarán el tiempo y la distribución de las cosechas siempre y cuando el suelo cuente con la humedad y nutrientes necesarios.

- **PH:** A nivel del suelo hay diferentes condiciones de composición importantes para el nivel productivo del cultivo. Usualmente los caficultores utilizan diferentes métodos con el fin de suplementar el suelo con los nutrientes requeridos por las plantas y de esta manera reducir el nivel de erosión de la tierra. Sin embargo, el uso inadecuado de estos métodos, especialmente el uso de abonos, plaguicidas e insecticidas puede generar una variación en el pH del suelo. La FNC establece que el pH del suelo debe estar entre 4,8 y 6,0. Un valor de pH fuera de ese rango evitará que las plantas se nutran de la manera adecuada.

- **Humedad:** La humedad relativa de la tierra es un factor muy importante para todos los cultivos ya que de esta manera es como las raíces de las plantas pueden absorber los nutrientes del suelo. Un estudio realizado en 2014 por el Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), se determinó que la humedad relativa requerida por los cultivos de café oscila entre los 65 a 80%. Si el valor de la humedad se acerca al 100% propicia el desarrollo de enfermedades fungosas. Por

otra parte, si este valor permanece por debajo del 60% los procesos básicos de las plantas se ven afectados reduciendo el crecimiento de los frutos y promueve la aparición de plagas como el minador, la arañita roja y la broca. Las etapas donde los cultivos requieren más humedad en el suelo son floración - fructificación y en la de maduración – cosecha (RCTA, 2015).

Lavado del café

La función principal de la fermentación y posterior lavado del café es retirar el mucílago del fruto del café luego del descerezado. Durante este proceso el café se conserva en tanques con agua para solubilizar la película de mucílago durante un rango de 6 a 48 horas dependiendo de las condiciones climáticas. Existen diferentes pruebas análogas para determinar el punto exacto de fermentación de los frutos, sin embargo, se puede considerar que cuando la masa de café llega a un pH 4 se puede proceder con el lavado final para posteriormente continuar con el proceso de secado. Este proceso es crítico para la producción de café ya que terminar el proceso anticipadamente o fermentar en exceso los frutos afectará de manera negativa las características finales del café.

8.4.3. Cualidades y variaciones de un cultivo exitoso

Existen cualidades que se deben tener en cuenta para tener éxito en el proceso de cultivo, esto dependiendo de la variedad que se seleccione, las cualidades principales que se deben tener en cuenta o reunir son:

- Tener una alta producción.
- Tener un alto rendimiento.
- Contar con el control de enfermedades como la roya.
- Contar con la resistencia o control de plagas.
- Considerar la implementación de porte bajo, para permitir el despliegue de más árboles por área.
- Fácil manejo y control.
- Control del suelo y sus propiedades para inicio rápido de producción.
- Garantizar parámetros de control para garantizar un producto de buena calidad.
- Contar con un buen sistema radicular.

Teniendo en consideración las variedades e impacto del café, en Colombia la calidad del café se encuentra estudiada y considerada para el café arábica. En el proceso de mejoramiento genético del café, el Centro Nacional de Investigaciones del Café, Cenicafe, brindó a los caficultores una variante genética para reducir el impacto de la roya en el cafeto, esta variación se denominó como Variedad Colombia, estos avances permitieron obtener nuevas propiedades que mejoran las características originales, como el tamaño de grano, permitiendo conservar la resistencia a la roya además de otros atributos agronómicos que destacaron, como la productividad y eficiencia, esta selección se entregó bajo el nombre de Variedad Castillo.

Densidad y disposición del cultivo

La producción y su capacidad está estrechamente limitada al número de árboles que se siembren, así mismo la relación es directa con la distancia de siembra que se utilice, para poder determinar de una forma acertada la distancia y condiciones óptimas de siembra es necesario tener en cuenta aspectos como:

La disposición del cultivo: la cual puede ser en hileras sencillas o dobles a lo largo de una pendiente, esto utilizando una distancia entre los surcos mayor a la empleada entre los árboles, puede ser también en bloques o parcelas de once surcos, un metro entre surcos y cuarenta entre árboles por surco a igual distancia, dependiendo de las características de terreno se dispone en cuadros o triángulos, esto para pendientes menores al 5% y en curvas a nivel.

La variedad a sembrar: porte bajo (Caturra, Colombia, Castillo) o alto (Borbón, Típica y Tabi).

8.4.4. Ciclo productivo del café

El ciclo productivo del café comprende ciertas prácticas para que sea eficiente y de buena calidad, las recomendaciones son:

- Realizar la construcción de un germinador, para la fase inicial del proceso.
- Realizar la construcción del almácigo.
- Preparación del terreno, teniendo en cuenta el trazado ahoyado y la siembra.
- Plan de fertilización del cultivo.

- Realizar el control de arvenses
- Contar con un plan de control de plagas.
- Realizar un plan de manejo de enfermedades del cultivo.
- Realizar la conservación de suelos y recursos hídricos del cultivo.
- Realizar un proceso de beneficio ecológico.

Semillero o Germinador de Café.

En este proceso la semilla debe contar con un proceso disponible de 8 meses antes de ser trasplantada en el campo, 2 de estos 8 meses se destinan para la germinación del mismo y los posteriores 6 para el almácigo.

Para cumplir con la alta calidad del café Colombiano se realizan procesos para seleccionar semillas de café para cultivo de la mejor presentación y calidad, uno de los procesos para realizar la selección se realiza en base identificar las mejores plantas de árboles saludables con la más alta producción, haciéndole un proceso de beneficio tradicional y secado en sombra, esta forma es la más tradicional y usada ya que el retorno de la semilla se da del mismo cultivo, y la otra forma de selección es adquirir las semillas de café certificadas de los comités y juntas cafeteras departamentales.

Almacigo de Café.

La principal finalidad de este proceso es el desarrollo adecuado y el filtro y selección de plantas adecuadas que serán destinadas para el cultivo final, este proceso considerado de los más importantes ya que de este depende una buena selección y desarrollo del cultivo.

Este proceso se lleva a cabo en el rango de 50 a 55 días después de llevar el proceso de siembra o germinación, principalmente el proceso radica en trasplantar las pequeñas plántulas de café en bolsas con tierra abonada buscando brindarles mayor espacio de crecimiento y solidez, en este proceso se recomienda tener especial cuidado con la raíz ya que, de quedar doblada puede afectar todo su crecimiento, dañando la plántula.



Imagen 1: Almacigo de café finca Guayacundo. Fuente: Autores

En esta etapa se presenta una vulnerabilidad que consiste en el ataque de nemátodos fitogálicos, son animales similares a los gusanos que se alimentan de las raíces de los cultivos o en este caso las plántulas en almacigo, para esto es necesario tener en cuenta el uso de nematicidas o mediante la adición de micorrizas, para la plantación se consideran solo las plántulas que no presenten nudos o malformaciones en las raíces.

La parte de desinfestación de la tierra para el almacigo se lleva a cabo por medio del proceso de solarización, esto se logra cubriendo con un plástico y dejar que reciba exposición solar por una semana; El control de arvenses en el almacigo se puede hacer de forma manual, con esto se evitará el uso de herbicidas en lo posible ya que de darles uso se puede afectar la calidad del café.

Preparación del terreno para Siembra.

Para la adecuación del terreno que se destina al cultivo de café se debe determinar el sistema de siembra, el trazo, herramientas y materiales que se utilizarán en este proceso, cuando este proceso se lleva bajo sombra, es necesaria la semilla y colinos de guamo y plátano, también es requerido tener en cuenta herramientas como palas, machetes, plaguicidas con baja afectación a los cultivos, en caso de ser necesarios, un selector de arvenses para manejo, fertilizantes y abonos orgánicos. El suelo es un recurso que debe ser bien aprovechado de una manera óptima, esto se logra a través de una buena distribución del cultivo a lo largo del terreno, así disminuir el desperdicio de espacios buscando acomodar la mayor cantidad de árboles por unidad de superficie. para la delimitación del terreno generalmente se usan materiales de fácil acceso como cuerdas, estacas de madera entre otros.

El tamaño de los hoyos debe ser adecuado ya que le permitirá al árbol un buen desarrollo, permitiéndole a la plántula un buen anclaje y una nutrición sostenida a lo largo de su desarrollo, la recomendación de la Federación Nacional de Cafeteros indica que se pueden hacer de 30 cm de ancho x 40cm de profundidad, esto para suelos en condiciones ideales del suelo, en este proceso es necesario dejar las paredes del hoyo irregulares y el fondo de igual forma para evitar que en los primeros días o en caso de lluvias prematuras no se encharque además de facilitar mejor la entrada o trasplante.

Los aspectos más relevantes y recomendados a tener en cuenta para una plantación exitosa son:

- El tamaño de los árboles: estos deben ser llevados al campo antes de que se presente que el nabo llegue al fondo de la bolsa dispuesta para el crecimiento, esto buscando evitar que se mal forme la planta e incide en su proceso de adaptación del terreno.
- La calidad de los árboles: Es necesario realizar la selección de los mejores ejemplares buscando la sanidad, vigor y buena formación, esto para garantizar la calidad del producto.
- Temporada para la siembra: La siembra tiene que coincidir con los periodos de lluvia que se reflejan en el año, en caso de dar con una época de verano o exposición al sol es necesario regar las plantas antes y después del trasplante.
- Transporte ideal: con esto es necesario evitar las pérdidas por daños en el transporte, ya que aun en esta etapa son frágiles.

La agricultura sostenible la podemos definir como la nutrición para el cultivo, en esta agricultura sostenible, se optimiza la efectividad de los insumos sin considerar un deterioro del medio ambiente, esto buscando la conservación del terreno y muy principalmente su capa orgánica ya que comprende las etapas de instalación, establecimiento, crecimiento y la producción.

Recolección del Café

En este proceso se cosechan manualmente los granos de café que se encuentran en el estado de madurez completa, estos se les puede identificar por su color rojo o tonalidades amarillas si la siembra se realizó en base a la variedad Colombia. los granos que no se encuentren maduros o que su tonalidad sea de color verde o pintón, no son tenidos en cuenta para la cosecha, se programa una nueva recogida hasta tu oportuna madures, la recolección del café se presente a lo largo del año, dependiendo mucho del ciclo que se allá establecido en la finca o cultivo, aunque mayormente depende de la región donde se encuentran estas fincas o cultivos, siendo entonces Antioquia, Boyacá, Magdalena y el eje cafetero, la época de cosechar se presenta entre los meses de octubre y enero, el resto de las cosechas se presentan ente abril y junio.

Despulpado

En Colombia, siguiendo las tradicionales del café, muchos agricultores que hacen parte de esta producción, aún usan el beneficio tradicional de la despulpadora de tambor, esto para considerar tener una mayor calidad, debe tener un mantenimiento frecuente con el fin de lograr garantizar siempre un adecuado proceso de despulpado, una sin un mantenimiento constante puede lograr afectar la calidad del grano de café.

Este proceso se tiene que llevar a cabo seco, según Cenicafé, se logró comprobar que es posible desplazar el café sin recurso hídrico sin afectar la capacidad del proceso ni la calidad de los granos, esto evita que la contaminación e impacto ambiental por esta práctica se reduzca en un 72% según Cenicafé.

Fermentado del Café y remoción del mucílago.

Este proceso es la fermentación que se lleva a cabo en unos tanques donde se introduce el café despulpado con agua limpia para lograr descomponer el mucílago (El mucílago puede ser entendido como la miel que cubre el pergamino de textura gelatinosa del café), este logra ser disuelto con el agua, este proceso es de gran importancia, este puede tener gran incidencia en la calidad que se logre tener en la presentación final, así mismo se pueden lograr variaciones del sabor en este proceso. Este proceso toma entre 18 a 30 horas aproximadamente viendo mucho del clima.

Esta remoción también se puede llevar por medio de maquinaria pensada para este propósito, esto es cuando se utiliza el clasificador Becolsub, esto eliminaría el proceso de fermentación, lo cual es relevante gracias a que:

- Mantiene la calidad del café a lo largo de este proceso.
- Disminuye el espacio e infraestructura que se utiliza para el beneficiadero.
- Ganancia en materia orgánica seca del grano, aproximadamente un 1.5% según la federación nacional de cafeteros.

Estas iniciativas y propuestas fueron promovidas por Cenicafé desde 1984, estos esfuerzos se vieron reflejados en los sistemas de desmucilaginado mecánico, actualmente son comunes en los procesos de producción gracias a los beneficios que ofrece. La tecnología conocida como Becolsub como fue llamada, ofrece grandes ventajas con respecto al proceso tradicional de fermentación.

- Genera una reducción considerable en el consumo de recurso hídrico, alrededor de menos de 1 litro por cada kilo de CPS.
- Mejora notablemente en el rendimiento de café cereza.
- Se previene cerca del 90% de la contaminación que se da gracias a la pulpa y el mucílago que se arroja a las fuentes de agua.
- También una reducción considerable en el tamaño y costo de infraestructura requerida para el procesamiento húmedo del café.
- Ayuda notablemente a la simplificación del proceso de beneficiado húmedo del café.

Esta tecnología integra 3 máquinas las cuales asumen e integran los procesos de la despulpadora, desmucilaginado mecánico y tornillo sin fin, un dato muy relevante dado anteriormente es la reducción del 72% del gasto del agua en el proceso de despulpar, el único proceso en donde es necesario el recurso hídrico es para su operación básica en donde para el proceso requiere 1 Litro de agua por kilogramo de café pergamino seco



Imagen 2: Maquina Becolsub Jotagallo-Finca Guayacundo. Fuente: Autores

Lavado y secado

El lavado del café se da cuando el producto se encuentra en un punto apropiado de fermentación es momento de lavarlo, este se realiza en un canal de correteo, una práctica común en el lavado es tomarlo entre las manos y frotarlos entre sí, de esto sabremos que si se sienten ásperos el lavado es correcto. El café en esta etapa tiene aproximadamente una humedad del 57%, en el proceso de secado se reducirá aproximadamente hasta un nivel máximo del 12.5%, el secado del café generalmente se realiza al sol, siendo extendido el grano en patios o camas de madera, allí se les da vuelta con frecuencia para tener un secado uniforme de todo el grano que allí se encuentre, este proceso de secado tiene alrededor de 5 a 10 días de duración, ya que también depende de la temperatura, humedad y ubicación geográfica.



Imagen 3: Secadero finca Guayacundo. Fuente: Autores.

Torrefacción y trilla

El proceso de trilla del café permite quitar el pergamino, o la película amarilla residual que queda presente en el pergamino seco, esto se realiza por medio de procesos físicos por fricción, como resultado se obtiene el café de grano verde en su presentación de exportación para posteriormente se tostado y sometido a diferentes procesos dependiendo de su finalidad.

Es necesario considerar que el grano no pierda su calidad en máquinas que no mantengan la calidad o no cuenten con mantenimientos constantes, también si el café cuenta con una humedad mayor al 12% es posible presente aplastamiento, siendo entonces ideal realizar la medición de la humedad en el café antes de someter el grano a este proceso, de no cumplir con este parámetro es ideal retornar el café al proceso de secado hasta que cumpla con los parámetros.

Finalmente, la torrefacción del café es un proceso que generalmente se realiza de forma lenta, considerando una pérdida máxima de aproximadamente el 16.5% del peso. en donde se logra apreciar el producto final con diferentes aromas y variantes de sabor, resaltando también que el café colombiano es el más suave del mundo.



Imagen 4: Trilla de café. Fuente: Autores

Imagen 5: Torrefacción del café. Fuente: Autores.

Control de plagas en los cultivos.

Para el control de plagas se tienen varias opciones en el campo cafetero, algunos como el biológico, el natural, el mecánico, el legal, el químico y el natural.

La plaga que más atenta contra los cultivos se llama la broca, el control de esta plaga, la cual hizo su aparición para el año de 1988, consiste en el control Cultural, o en el medio conocido como RE-RE, este control, consiste en realizar barridos repetitivos en el cultivo para recoger todos los frutos que hayan quedado, esto tiene que ser oportuno y realizar la recolección de granos maduros, sobre maduros y secos en el árbol y en el suelo, esto para procurar realizar la ruptura del ciclo biológico. El control es necesario extenderlo a la fase de beneficio al cultivo, Gracias a estas medidas y prácticas se logra controlar la incidencia de la broca en un 2% logrando así constancia en la calidad y productividad de quienes adoptan estas prácticas.

Los controles adicionales serían el control biológico y el químico. El químico principalmente radica en la aplicación del hongo *Beauveria bassiana*, además de la dispersión de la avista Uganda. Cenicafé reporta otros hongos entomopatógenos para el control de la broca como *Fusarium oxysporum*, *Paecilomyces lilacinus*, *Metarhizium anisopliae*, *Hirsutella eleutheratorum* y otros parasitoides nativos como *Cryptoxilos* sp y dos especies de hemípteros.

Otras plagas identificadas son la palomilla de la raíz, o *Dysmicoccus brevipes*, para esta plaga el control dado es retirar de una forma cuidadosa los cultivos que se encuentren afectados y quemarlos en el hoyo, la fertilización oportuna y el control de suministro de agua en los cultivos es lo que logre mitigar el impacto de esta plaga. Otra también sería la palomilla de ramas, o *Planococcus citri*, para esta plaga se presente en etapas de lluvia, para su control es recomendable retirar plantas invasivas como la "suelta". El minador, o *Leucoptera coffeella*, es una especie de polilla muy pequeña que por medio de sus larvas penetran las hojas e internamente consume nutrientes de la hoja, destruyéndolas parcialmente, el control biológico como otros depredadores es el mejor control, junto con la presencia de lluvias.

Otra conocida es la arañita roja o *Oligonychus yothersi*, es importante considerarla en periodos de sequía o escasez de agua, principalmente se presenta en los cultivos que se encuentran en las orillas de caminos y carreteras, claramente su principal control es el recurso hídrico ya que las lluvias riegan, ahoga el ciclo biológico.

Manejo de enfermedades en los cultivos

Las enfermedades son otra amenaza del cultivo, que también necesita de cuidados y tratamientos, la enfermedad más común en los cultivos es la roya, para su tratamiento se usa el control químico, esto depende de la cantidad del cultivo

afectado, esta enfermedad se controló genéticamente en las variaciones de Colombia y Castillo para que esta enfermedad no se presentará en el desarrollo del cafeto, la recomendación principal en caso de continuar con granos para siembra tradicionales, cambiarlos por las variaciones sean Colombia o Castillo para tener menos riesgo en los cultivos.

El Mal Rosado o *Corticium salmonicolor*, atenta y ataca hojas, frutos y ramas del cafeto, para el control y mitigación del impacto se recomienda cortar las partes que presenten la enfermedad en la época de verano. Para el Phoma, se debe evitar las corrientes de aire frío, mediante el uso de barreras de plátano o cubrimiento artesanal con plástico. Para la llaga macana (llaga del tallo), la desinfección de las herramientas con fungicidas previene la afectación del hongo y se utilizan también para asperjar los cortes en los tallos, después del soqueo de a siembra.

Las llagas radicales o conocida en el campo como la llaga negra, se presentan como una enfermedad de focos aislados, los hongos causantes de esta enfermedad se multiplican en el terreno de cultivo entre las raíces del café, acelera su proliferación un sistema rico en humedad, para el control de esta enfermedad es necesario reducir el inóculo extrayendo y quemando los residuos de los árboles que contaban con esta enfermedad y los que se encontraban próximos a él, así mismo eliminar las raíces lo mejor posible, de los árboles extraídos, posteriormente es ideal hacer uso de bio-controladores, como *Trichoderma koningii*, especies de bacterias del género *Pseudomonas* y algunos géneros de micorrizas (MVA).

8.5. Retos de Transformación Digital

8.5.1. Conexión rural

El Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones MinTIC lleva varios años desarrollando proyectos enfocados en eliminar la brecha digital en las zonas rurales de Colombia. Por ejemplo, el proyecto Kioscos Vive Digital, el cual tiene como objetivo implementar 7.832 de kioscos digitales con el fin de dar conectividad a los territorios de la Amazonía, Orinoquía y Chocó; actualmente, el proyecto tiene 952 kioscos ubicados en diferentes municipios del país.

Por otro lado, en el Plan Nacional de Conectividad Rural se desarrollan varias iniciativas en las que se pretende extender la cobertura de la conexión a internet y masificar el uso y apropiación de los servicios de telecomunicaciones. En este plan,

actualmente se desarrollan dos proyectos con la finalidad de conectar la totalidad de cabeceras municipales: el Proyecto Nacional de Fibra Óptica (PNFO) y el Proyecto Nacional Conectividad de Alta Velocidad (PNCAV).

8.5.2. Apropiación de servicios TIC

El Gobierno, a través del MinTIC y el Ministerio de Agricultura, llevan años desarrollando proyectos en las zonas rurales, con el fin de lograr una mayor apropiación de las herramientas tecnológicas en las labores del agro. Los proyectos van desde capacitación gratuita de líderes que puedan suministrar estos conocimientos a su comunidad, hasta la colaboración para la implementación de tecnologías avanzadas como robótica, cloud computing, IoT, Blockchain y big data (SAC,2019).

Las granjas de los países desarrollados, hoy en día, se caracterizan por las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Las encuestas muestran que, en 2016, la mayoría de granjas utilizan aplicaciones de Smart Farming y más de la mitad de todos los agricultores, por ejemplo, en Alemania, invirtieron en tecnologías digitales (FAO, 2016).

Los servicios digitales apoyan a los agricultores en su trabajo diario y les proporcionan información (Vázquez, Cebolla, Ramos, 2019). Se utilizan sistemas inteligentes para la gestión de conocimientos y datos, sistemas de dirección y asistencia para maquinaria agrícola, sensores en red, así como clima y geo datos. Las aplicaciones en la nube permiten el uso independiente de la ubicación de equipos, software y datos y una red de agricultores con proveedores de insumos (como semillas o fertilizantes) (Rozo-García, 2020).

8.5.3. Tecnologías de comercio electrónico

El uso de herramientas digitales en la agricultura no sólo es económicamente importante, los aumentos de precisión y eficiencia también contribuyen a la compatibilidad medioambiental. En un estudio de 2016 Smart Farming, los agricultores declararon que ahorrarían a los trabajadores, la energía, el agua, pero también los fertilizantes, pesticidas y fungicidas utilizando soluciones digitales. Tractores autopropulsados, máquinas que se comunican con otras máquinas y drones que toman decisiones basadas en datos ya se utilizan ampliamente en las operaciones. Se utilizan para el cultivo de plantas (por ejemplo, la cosecha), la cría

de animales (por ejemplo, drones para el procesamiento de rebaños, robots de ordeño) o el uso preciso de los recursos agrícolas (Tovar Soto et al., 2019).

En todos los mercados de exportación, los productores de la materia prima solo se quedan con una pequeña fracción de lo que paga el consumidor final, y son los intermediarios quienes toman el porcentaje más grande de las utilidades. Se estima que los productores de café solo reciben del 3 al 6% del valor que tiene una libra de café puesta en el mercado europeo (Gómez, 2019). Al ver este panorama, es claro como las ganancias de un productor de café aumentan al llevar un café tostado, procesado y empacado directamente al consumidor final, evitando a los intermediarios habituales, a través de las plataformas de e-commerce.

El comercio electrónico hace parte de diferentes herramientas que, gracias a las nuevas tecnologías, cada día se implementa y penetra más en diferentes industrias, mercados y negocios, en el año del 2012 se inició la venta de café en el extranjero por medio del portal Yihaodian siendo entonces el más importante de comercio electrónico en china, en donde el café Colombiano tiene una gran acogida y reconocimiento, aunque en el pasado para el año del 2000 ya se encontraba presente el café colombiano en china, solo que no gracias al comercio electrónico lo que equivalía aproximadamente a 1,5 millones de dólares anuales; La tendencia de consumo va en aumento en los países asiáticos lo que en la actualidad la venta de café Colombiano ya se da en los portales más conocidos del mundo, llegando a diferentes lugares del mundo.

En Colombia, organizaciones como Procolombia, entidad encargada de promover el turismo, la inversión extranjera en Colombia, las exportaciones no minero-energéticas y la imagen del país. Adicionalmente se tomó la tarea de capacitar empresarios comerciantes, productores agrícolas, entre otros, para que puedan hacer los procesos de exportación directamente hasta el cliente final, por medio de plataformas como eBay y Amazon, logrando así eliminar a los intermediarios. Actualmente, Procolombia ha capacitado a más de 1400 empresarios, entre los cuales hay varios productores de café llevando su producto tostado a USA y Europa (Procolombia, 2020).

Aparte de la apropiación tecnológica, el comercio electrónico del café tiene varios retos que debe superar para poder generar un impacto en el mercado. En una entrevista al presidente de Sträva Craft Coffe, Andrew Aamot, aseguró que uno de los retos más grandes es el poder transmitir el valor agregado del producto al cliente final, ya que, a través de esta conexión, es que se logra crear la fidelidad de los

clientes. De esta manera, se espera que con la implementación de la transformación digital en los procesos de producción sea más fácil para los agricultores poder resaltar ese valor agregado para tener una mayor acogida al público.

9. MARCO CONCEPTUAL

Es necesario considerar conceptos y un marco de conocimientos ideal para el entendimiento del desarrollo y soluciones propuestas, para este caso, la definición, usos y variaciones de los sensores de las redes WSN, como también la definición, objetivos y necesidad de la implementación de soluciones en TI y transformación digital, para la competitividad del mercado actual, entre otros conceptos relevantes para el marco del desarrollo.

9.1. WSN

Una red de sensores inalámbricos (Wireless Sensor Networks) se compone de un grupo finito de transductores con funciones específicas enlazados geográficamente en un ambiente interior o exterior con una infraestructura para el monitoreo y registro de los datos. Los sensores se distribuyen en diferentes estaciones o nodos de sensores con el fin de lograr el monitoreo de las de los datos recaudados por los sensores simultáneamente en zonas amplias. Las redes de sensores inalámbricos se pueden ser de tipo centralizadas o ad hoc (descentralizadas) y adicionalmente también catalogar como redes sin infraestructura y auto configurables ya que los módulos sensores deben ser pequeños y portátiles, además deben contar con independencia de energía y ser resistentes a las condiciones medio-ambientales que puedan intervenir con el buen desempeño del módulo.

Los sensores traducen la información física o química externa en pulsos eléctricos digitales mediante un transductor y posteriormente se envían a la unidad de control del sistema para ser analizada y gestionada de manera pertinente. Una red WSN puede componerse de cientos de sensores interconectados no necesariamente del mismo tipo. Con la recolección de datos de diferentes clases puede lograrse un espacio donde todos los procesos estén monitoreados.

9.1.1. Tipos de red

9.1.1.1. Redes centralizadas

Este tipo de red se puede representar perfectamente con la topología de estrella. Los datos toman dirección desde un nodo central que se encarga del enrutamiento de los datos, la operación de la red y finalmente la localización y detección de los eventos. Este tipo de redes se pueden clasificar partiendo de cómo se gestionan los datos en:

- **Sumidero individual:** cuando hay solo nodo central encargado de interconectar los otros nodos se reduce el tiempo de envío, sin embargo, no se presenta redundancia en los enlaces.
- **Sumidero múltiple:** en este caso como su nombre lo indica se disponen varios nodos sumidero, generalmente este tipo se usa para redes con mayor densidad de nodos y se tienen presentes factores como mayor área de cobertura, redundancia de enlaces, flujos de datos distribuido y mayor consumo energético.
- **Dispositivos multitarea:** son dispositivos capaces de realizar operaciones específicas en la red. Entre otras tareas estos dispositivos son capaces de modificar el tráfico, reportar el entorno, conocer el estado de los nodos y redefinir el nodo destino buscando optimizar el funcionamiento de la red.

Otro tipo de clasificación de estas redes se da de acuerdo con la asignación de los roles a los nodos:

- **Red jerárquica:** el sensor establece prioridades teniendo en cuenta el rol en la red. Se les asigna menor precedencia a los nodos de reenvío que a los nodos funcionales. Estos nodos tienen capacidad de detección, coordinación, proceso y reenvío del tráfico de datos.
- **Red estática:** en este tipo de red desde antes de despliegue de la red ya los nodos están ubicados en posiciones estratégicas teniendo en cuenta la optimización de la recopilación en el proceso de los datos. El objetivo es calcular la cantidad y ubicación de los nodos sumidero para minimizar la distancia promedio entre el sensor y el nodo sumidero y maximizar las

conexiones que se realicen en un solo salto. Al minimizar la distancia que recorre la información se busca reducir el consumo energético.

- Red de operación definida: en esta red se disponen varios nodos sumideros que interconecta a los sensores y con la disposición de un MA permite sectorizar la red según el número de nodos sumidero, de este modo se facilita hacer la identificación de la ubicación de un sensor.

9.1.1.2. Técnicas distribuidas

Estas técnicas se aplican a la red cuando se quieren conservar condiciones específicas que son imposibles de mantener con las redes centralizadas como por ejemplo el consumo de energía, memoria, eficiencia y cantidad de nodos. Adicionalmente estas técnicas presentan mayor independencia, integridad, escalabilidad y menor gestión de los datos.

Las técnicas distribuidas están basadas en redes centralizadas, es por esto que su entorno de trabajo está generalmente relacionado a un o múltiples nodos sumidero y aplicar estas técnicas no afecta las prestaciones de estas, por el contrario, lo que se busca es tener un mejor rendimiento, mayor independencia, reducir la gestión de la información, conservar la integridad de los servicios con una mayor escalabilidad. Las técnicas distribuidas teniendo en cuenta el tipo de aplicación se clasifican en:

- Redes jerárquicas
- Redes por aplicación
 - basada en eventos
 - basada en enrutamiento
 - basada en topología
- Redes por tipo de topología

Algunas de las métricas más importantes que se tienen en cuenta en la implementación de este tipo de redes y la aplicación de estas técnicas son:

- Consumo energético
- Vida útil
- Escalabilidad
- Sobrecarga y eficiencia
- Latencia y tiempo de reacción

9.1.2. Elementos de red

9.1.2.1. Módulo sensor

Teniendo en cuenta las propiedades que debe tener un módulo sensor para asegurar los factores de diseño de las redes WSN es importante entender cómo se componen lógicamente y físicamente. Como ya se explicó anteriormente, estos módulos deben ser capaces de recibir los datos percibidos por el sensor y enviarlos hacia el Gateway para ser posteriormente procesados y analizados por el usuario. De este modo, en la **NÚMERO DE LA IMAGEN** se muestra los bloques funcionales que componen un módulo.

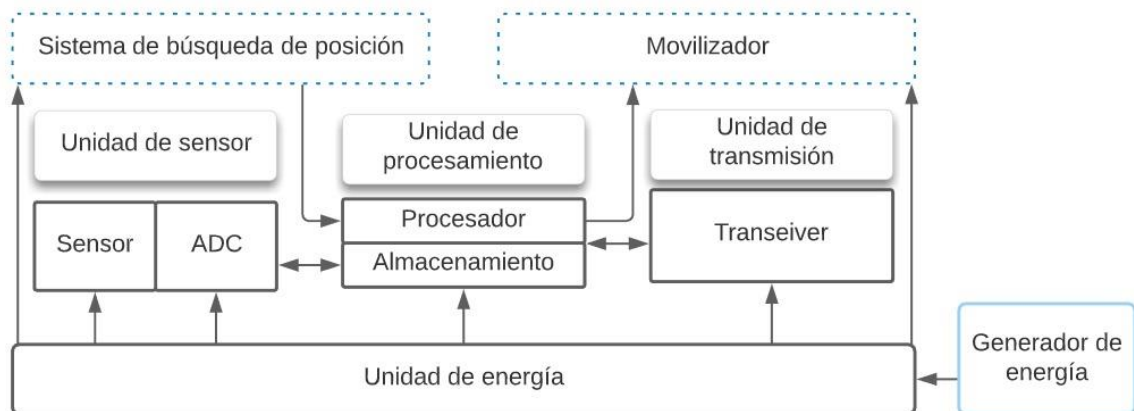


Ilustración 2: Componentes de un módulo sensor.

Tras el crecimiento que ha tenido IoT en todas las industrias, múltiples compañías han desarrollado e impulsado a nivel comercial estos módulos inalámbricos, también llamados motas. Las motas comerciales desarrolladas bajo estándares de comunicación como el IEEE 802.15.4, Bluetooth, GPRS, entre otros, y adicionalmente algunas son compatibles con diferentes plataformas IoT y sistemas operativos. Las motas cumplen con la mayoría de las funciones necesarias para conformar una red de sensores. Algunos modelos incorporan internamente algunos sensores como de humedad, temperatura, nivel de batería y generalmente cuentan con el espacio para conectar sensores externos con funciones más específicas, permitiendo así que se adapten a cualquier aplicación que se requiera.

Es posible también conformar un módulo sensor con una tarjeta Arduino, ya que esta nos permite añadir y configurar diferentes shields con funciones específicas. Sin embargo, el desarrollo de un módulo con Arduino puede resultar complejo, ya que

además de las funciones finales también hay que asegurar la correcta integración entre Arduino y las shields agregadas.

- **Tipos de sensores**

Sensor	Descripción
Contacto	Los sensores de contacto o también llamados sensores de fin de carrera se usan para detectar el final o límite del trayecto de un elemento mecánico. Este tipo de sensores se resumen en un interruptor que marca dos estados, NC (normalmente cerrado) y NA (normalmente abierto); este último es el estado habitual del sensor y solo cambia cuando el elemento mecánico llega al final de su trayectoria y cierra el circuito
Ópticos	También llamados sensores fotoeléctricos se utilizan para detectar la presencia o distancia a un objeto o cambios de intensidad en la luz ambiente. Estos sensores se componen de un emisor, un receptor, un lente de enfoque(opcional) y un circuito de salida. El transmisor generalmente es un led infrarrojo. Como receptor se utiliza un fototransistor o un fotodiodo el cual debe estar sincronizado con la misma frecuencia del emisor con el fin de asegurar que los datos recibidos provienen del emisor correspondiente. Los lentes modifican el enfoque del emisor lo que permite que este tenga mayor alcance. Finalmente, el circuito de salida es el que transmite los datos a la unidad de procesamiento que se encarga de procesar los datos de manera adecuada y encaminarnos a los destinos pertinentes.
Térmico	<p>Los sensores térmicos permiten detectar y transformar en señales digitales la variación de la temperatura en el medio. Generalmente los sensores de temperatura están bajo un mismo modelo de construcción y solo se diferencian en el nivel de precisión y composición.</p> <p>Entre los tipos de sensores más comunes se encuentran:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Termopar tipo: J, T, K y E • Termopar tipo S (Altas temperaturas) • Termopar tipo R (Altas temperaturas) • Termistor NTC y PTC

	<ul style="list-style-type: none"> • RTD • Infrarrojo
Higrómetro	<p>Los sensores higrómetros se utilizan para saber el nivel de humedad de la atmósfera. Generalmente el sensor está compuesto por una película aislante (vidrio o cerámica), un material polímero que absorbe el agua y la libera dependiendo de la humedad relativa en el aire en donde se ubica el sensor este proceso cambia el nivel de carga del condensador del circuito eléctrico que genera la señal digital. Estos sensores se dividen en el tipo de humedad que miden sea humedad relativa (HR) o humedad absoluta (HA). Adicionalmente, también se dividen en el indicador que usa para medir la humedad, de este modo hay:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sensores resistivos o de conductividad eléctrica • Sensores de conductividad térmica • Sensores capacitivos y ópticos • Sensores oscilantes y gravimétricos • Sensores por desplazamiento
Magnético	<p>Los sensores magnéticos producen una conmutación electrónica que se activa en presencia de un campo magnético externo. La estructura más común es la del interruptor Reed que se compone de dos láminas en paralelo que están dentro de una cápsula las cuales cuánto están dentro de un campo magnético se atraen, cuando las dos placas hacen contacto cierran el circuito y se produce la señal.</p>
Infrarrojo	<p>La aplicación de estos sensores es variada e incluso puede reemplazar algunos de los sensores análogos. Estos sensores infrarrojos permiten detectar diferencias de superficie, detección y clasificación de formas, colores y posicionamiento. Los sensores infrarrojos brindan un desempeño óptimo en condiciones ambientales extremas como temperaturas variables e iluminación nula.</p>

Tabla 2: Tipos de sensores. Fuente: Autores.

9.1.2.2. Gateway

Este componente permite la conexión entre los módulos sensores y la estación base. es decir, que permite el acceso a nivel de aplicación a los módulos sensores desde la estación de monitoreo. El Gateway tiene la función de hacer las veces de traductor de protocolo entre los dos niveles, el reenvío de paquetes, sincronización de la red y administrar la seguridad.

Puntualmente las funciones de este dispositivo son:

- Conectar los módulos sensores de la red con la estación base
- Extender la cobertura de la red
- Redireccionar la información de forma bidireccional entre la estación base y los módulos sensores
- Acceso de monitoreo y control de la red

9.1.2.3. Estación base

La estación base es el elemento de la red con más recursos computacionales, desde allí se tendrá el control total de la red, se puede acceder a la información de todos los nodos y es el puente de comunicación entre la red y el usuario final ya sea de administración local o en el caso de iot la estación base sería la conexión entre la red y el servidor en la nube desde donde se administre la red y se almacenarán los datos producidos.

9.1.3. Factores de diseño

La implementación de redes WSN en la industria es muy reciente, y parte de la dificultad del despliegue de estas redes es porque las herramientas usadas son básicamente las mismas para proyectos de naturalezas diferentes es por esto que desde la planeación del proyecto se deben tener claras cuales son las características y necesidades del sistema actual para poder apreciarlas y acogerse dentro del alcance de la red ya que los sensores de bajo costo tienen muchas limitaciones en un ambiente real.

Con esto en mente los factores de diseño más relevantes en un módulo para una red WSN son los siguientes.

9.1.3.1. Escalabilidad

La escalabilidad de una red se define en su capacidad de reacción y adaptación de nuevas condiciones sin perder sus niveles de calidad. adicionalmente también la capacidad de funcionar de manera fluida con un factor de crecimiento continuo. Generalmente para asegurar un nivel estable de escalabilidad se debe aumentar la capacidad de hardware en proporción al crecimiento de los requerimientos.

- Dimensiones de escalabilidad:
 - Carga
 - Geográfica
 - Administrativa

- Tipos de escalabilidad:
 - Horizontal
 - Vertical

9.1.3.2. Tolerancia a fallos

La tolerancia a fallos es la propiedad que tiene una red para limitar el impacto de las fallas y seguir funcionando de manera óptima en caso de presentar problemas en uno o varios de sus nodos. Se dice que la gravedad del incidente es directamente proporcional al nivel de disminución de la calidad del funcionamiento durante la falla.

Como principio de diseño para contar con una red con un buen nivel de tolerancia a fallas se debe tener documentación de la red y sus componentes para facilitar las acciones correctivas. Tener buena organización de los esquemas de monitoreo y gestión de la red. Diseñar una red con distribución en capas y si es posible establecer enlaces de conexión redundantes como acción de contingencia.

Adicionalmente para planificar la tolerancia fallos se debe identificar riesgos de comunicación, prioridades de comunicación, requerimientos de recuperación

9.1.3.3. Costos de producción

Un factor muy importante a la hora de implementar una red de sensores WSN es el costo económico tanto de los nodos sensores por separado como de la implementación de la red y su conexión. Teniendo en cuenta que uno de los objetivos principales de la implementación de estos sistemas es lograr una solución

viable que permita disminuir costos y recursos respecto a una red cableada tradicional.

Adicionalmente disminuir los costos de implementación al máximo es muy importante ya que la naturaleza del proyecto se enfoca en una población con recursos limitados.

9.1.3.4. Limitaciones de hardware

Los nodos sensores tendrán que ser desplegados teniendo en cuenta las limitaciones en lo que confiere su estructura básica, entre estas limitaciones se encuentran los componentes extras que requiere el nodo para prestar un funcionamiento adecuado y condiciones las condiciones físicas del entorno necesarias para una correcta comunicación, así como la distancia entre nodos.

9.1.3.5. Consumo de energía

Teniendo en cuenta que la ubicación de los nodos puede realizarse en zonas de difícil acceso es necesario establecer mecanismos de alimentación muy duraderos. En algunos casos se busca tener una fuente de alimentación autosustentable o sistemas de alimentación de respaldo que permitan prolongar el tiempo de funcionamiento de los sensores en caso de tener fallas en el sistema primario.

9.1.3.6. Medio de transmisión y entorno

La frecuencia de interconexión de las redes WSN generalmente está configurada en la banda ISM que es la banda de radio reservada internacionalmente para fines Industriales, científicos y médicos. Esta banda es de uso sin licencia siempre y cuando se respeten los límites de las normas reguladoras presentes, en Colombia esta tarea le corresponde a la Agencia Nacional del Espectro (ANE).

El estándar que fija las condiciones técnicas para este tipo de enlaces es la IEEE 802.11 y la IEEE 802.15.4, estos estándares pertenecen a la capa de enlace de datos la cual recibe y procesa los datos para transmitirlos a la capa física.

El estándar 802.11 denominado como Wi-Fi se despliega en las bandas 2.4 - 5 GHz con una velocidad de transmisión que va desde los 11 Mbps hasta los 54 Mbps y

puede trabajar con 3, 12 o 19 canales no solapados dependiendo de la versión que se esté trabajando.

El estándar 802.15.4 tiene tres rangos de capacidad de transmisión; 868 MHz: 20 kb/s; 915 MHz: 40 kb/s; 2.4 GHz: 250 kb/s; Cuenta con 11 canales en las bandas de 868/915 MHz y con otros 16 en la banda de 2.4 GHz.

Respecto al entorno el módulo sensor debe ser capaz de resistir las condiciones medioambientales que puedan afectar su óptimo funcionamiento y su durabilidad.

9.1.4. Arquitectura de red

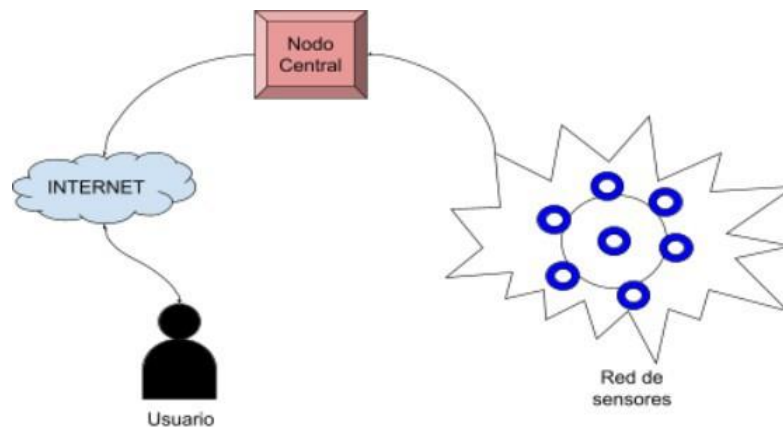


Ilustración 3: Arquitectura red WSN. Fuente: Autores.

9.1.4.1. Topologías

Debido al parecido a nivel funcional que existe entre las redes WSN y las redes AD-HOC en cuanto a su naturaleza descentralizada no dependiente de una infraestructura física preinstalada y parte del funcionamiento de los nodos. Dentro de las características más relevantes que se comparten en estos dos tipos de redes están factores ya antes mencionados: Aplicación, consumo energético, despliegue escalabilidad, conectividad, tolerancia a fallas, interacción con el entorno.

Con base en lo anterior en la siguiente tabla se establece el desempeño que tienen las diferentes topologías conocidas en este tipo de redes.

Rendimiento	Bus	Árbol	Estrella	Anillo	Malla	Circular	Grilla
Encaminamiento	Simple	Simple	Simple	Doble	Múltiple	Múltiple	Múltiple
Fallas	Mayor	Mayor	Mayor	Mayor	Menor	Menor	Poco
Balance de cargas	Menor	>Bus	<Árbol	Menor	Mayor	Mayor	Mayor
Congestión	Mayor	Mayor	Mayor	Mayor	Menor	Menor	Poco
Relación de recepción	Menor	Menor	Menor	Menor	Mayor	Mayor	Mayor
Consumo energético	Mayor	Mayor	Mayor	Mayor	Menor	Menor	Poco
Tiempo de vida de la red	Menor	Menor	Menor	Menor	Mayor	Mayor	Mayor
Confiabilidad	Menor	Menor	Menor	Menor	Mayor	Mayor	Mayor

Tabla 3: Comparación de rendimiento en topologías en WSN.

La implementación de estos proyectos habitualmente se realiza con topología de estrella, de malla e híbrida que es una mezcla de las dos anteriores esto a que tienen el mejor desempeño en los factores de diseño a nivel real. sin embargo, con el uso de estas topologías se tendrán que afrontar sus respectivos desafíos ventajas y desventajas.

Topología de estrella:

En esta topología se tiene un enlace directo desde el sensor hasta el Gateway con cada uno de los nodos que componen la red. Este tipo de red tiene bajo consumo, pero no cuenta en ningún caso con una comunicación de Back up en caso de una falla con la conexión principal, es decir, que si se presenta una falla la comunicación que envíe el sensor se perderá.

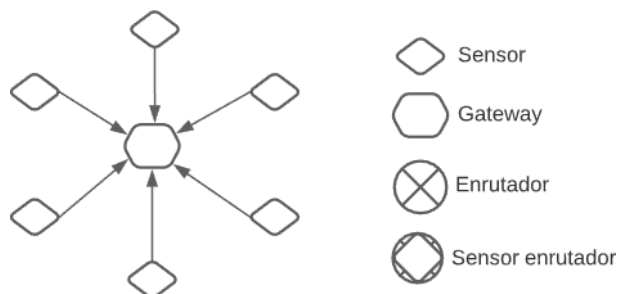


Ilustración 4: Topología de estrella. Fuente: Autores.

Topología de malla:

Esta topología es de tipo multi salto, es decir que todos los nodos están en capacidad de recibir y enviar datos hacia el Gateway y hacia los otros nodos. tiene alta tolerancia a fallos ya que cuando se detecta una falla los nodos enrutan la información por otro camino. debido al alto número de enlaces que componen la red dependiendo del número de nodos el tiempo de espera en el envío y recepción de los paquetes puede aumentar.

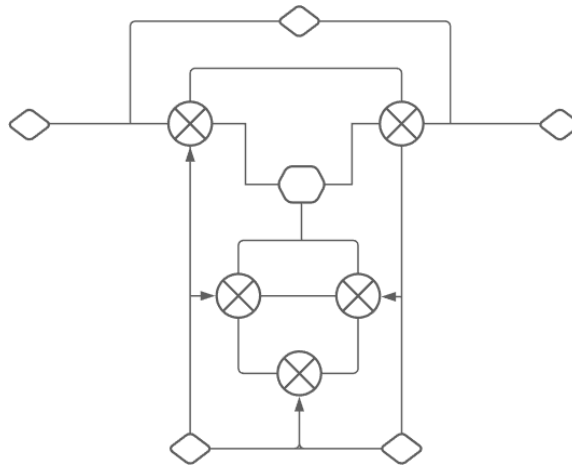


Ilustración 5: Topología de malla. Fuente: Autores

Topología híbrida:

Esta topología es la evolución de las dos anteriores, su estructura le permite tener bajo consumo de energía y la capacidad de tener grandes zonas de cobertura. Adicionalmente, gracias a que todos los nodos están intercomunicados puede redireccionar la información en caso de tener fallas en la comunicación entre nodos.

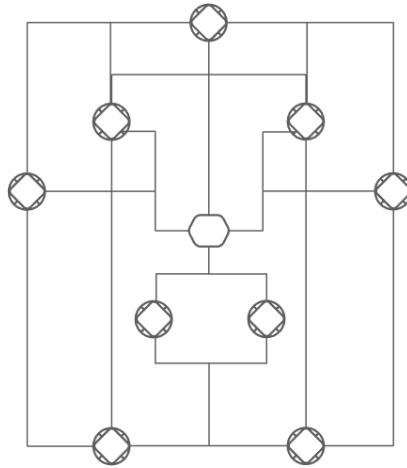


Ilustración 6: Topología híbrida (estrella-malla). Fuente: Autores.

9.1.4.2. Comunicación M2M

El término Machine to Machine o M2M contempla el intercambio de información que se realiza entre máquinas conectadas en una misma red sin requerir la mediación humana en el proceso, actualmente cuando se refieren a este término se cree que se limita solo a la conexión a través de medios inalámbricos, sin embargo, la comunicación entre máquinas a través de cable también se considera M2M. Usualmente la conexión entre las máquinas se encamina hacia un servidor que se encarga de gestionar los datos hacia nodos específicos donde se almacenan y se analizan para conformar información usable. Inicialmente el análisis de los datos fruto de la comunicación M2M era realizado por una computadora o una persona, pero gracias a los avances tecnológicos las redes IoT pueden conformarse con nodos complejos que tienen la capacidad de analizar los datos recibidos y tomar una decisión con base a una programación previa sin necesidad de estar siendo monitoreado activamente por un humano.

La integración de las comunicaciones inalámbricas en los sistemas M2M permite dar flexibilidad en conceptos clave de desarrollo de las redes tales como el tipo de topología y la escalabilidad. Adicionalmente, al disminuir la complejidad de la infraestructura necesaria para el despliegue de la red se disminuirán los costos de implementación.

Los condicionales de la implementación de M2M son muy similares a los mencionados en los factores de diseño de las redes WSN. Es necesaria una

comunicación estable, pero con un acople versátil con poca dependencia entre nodos.

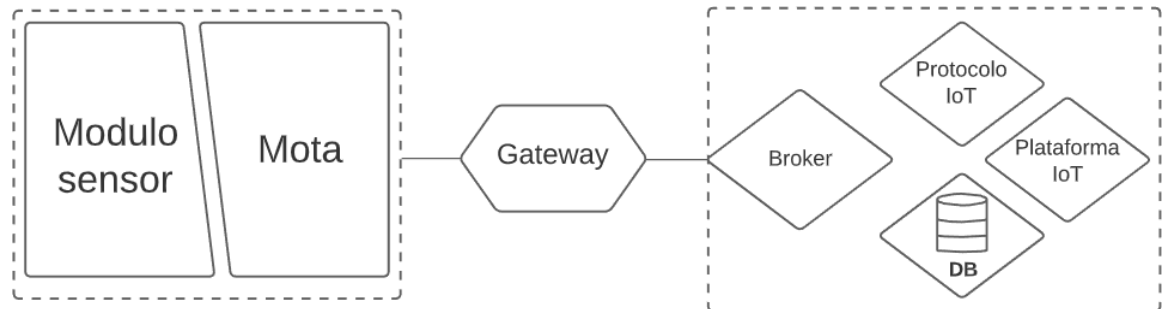


Ilustración 7: Estructura de red. Fuente: Autores.

9.1.4.3. Protocolos de comunicación

Los protocolos de comunicación son componentes muy importantes para la red ya que son estos los encargados de gestionar el tráfico. Son los mecanismos que deciden el momento apropiado para transmitir, recibir, enrutar o procesar los datos de cada dispositivo. Usualmente la aplicación de los protocolos se distribuye en las diferentes capas del modelo OSI. La capa de enlace funciona como gestora de la transmisión de los datos y control de errores y correcciones, esta capa recibe y procesa la información y la transmite hacia su destino. Está conformada por dos subcapas: Control de enlace lógico (LLC) y Control de acceso a medios (MAC).

La subcapa LLC definida por el estándar IEEE 802.2 es el puente entre las capas superiores y las capas inferiores, conecta a la subcapa MAC y el tráfico de la red. Esta capa gestiona el control del flujo, de errores y la transmisión de datos entre los dispositivos de la red. El protocolo Ethernet hace parte de los protocolos pertenecientes a esta subcapa. Este protocolo se implementa sobre software y es independiente del hardware.

La subcapa MAC definida por el estándar IEEE 802.3 es la subcapa inferior de la capa de enlace y es implementada sobre el hardware. Se ocupa principalmente de la encapsulación de los datos y del acceso al medio. En el proceso de encapsulación de los datos cumple con tres procesos: delimitación de las tramas, direccionamiento y detección de errores. Por otro lado, en el control de acceso a medio se encarga de la comunicación entre la capa física y las capas superiores, se tiene que ocupar de la ubicación y remoción de paquetes.

	Zigbee	Lora WAN	Sigfox
Bandas de frecuencia	ISM 2.4 GHz, 868/915 MHz	ISM 868 MHz (EU) 915 MHz (NA, SA) 433 MHz (AS)	ISM 868 MHz (EU) 915 MHz (NA, SA) 433 MHz (AS)
Ancho de banda		250 y 125 KHz	100 HZ
Tamaño de pila	20 Mb	243 bytes	8 y 12 bytes
Tasa de transferencia	250kbps (2.4 GHz) 40 kbps (915 MHz) 20 kbps (868 MHz)	50 kbps	100 bps
Número de canales	16 (2.4 GHz) 10 (915 MHz) 1 kbps (868 MHz)	SF7-SF12	
Rango de interconexión	10 -100 metros	2-5 Km urbano 15-20 Km rural	3-10 Km urbano 30-50 Km rural
Número de dispositivos	255 / 65535	1M	100K
Alimentación	5 años	10 años	20 años
Seguridad	AES-128	AES-128	np

Tabla 4: comparación técnica de Zigbee, Lorawan y Sigfox.

9.1.4.3.1. Zigbee

El estándar IEEE 802.15.4 define la capa de enlace y la relación entre el nivel físico y el control de acceso al medio de las redes inalámbricas de área personal LR-WPAN. Es sobre este estándar que se define la especificación zigbee.

Zigbee es el desarrollo de un conjunto de protocolos de comunicación creado por la compañía Zigbee Alliance, a través de la radiodifusión digital de los datos se establece como un sistema de baja tasa de transmisión y baja potencia permitiendo el bajo consumo de energía en su funcionamiento. este sistema se despliega en bandas ISM. Esta tecnología usa el protocolo CSMA/CA durante la transmisión para evitar las colisiones de datos. Zigbee es compatible con las topologías de malla, estrella y puede tener una configuración híbrida por lo cual cabe aclarar que necesita componerse de al menos un nodo coordinador, un nodo enrutador y un dispositivo final. En el caso de aplicar la topología de estrella el nodo central cumple las veces de coordinador y el enrutador de la red.

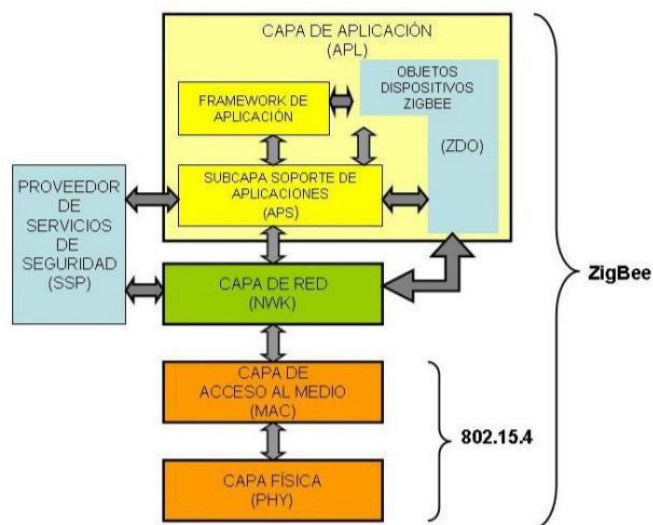


Ilustración 8: Modelo de referencia Zigbee

9.1.4.3.2. Lora WAN

- **LORA**

LoRa es una tecnología de la capa física desarrollada por Semtech. Está basada en modulación de espectro expandido (Spread Spectrum) SS que consiste en la transmisión de datos a través de un ancho de banda mucho mayor al de la información en sí. Esta característica le permite tener un funcionamiento con consumo energético mínimo con la capacidad incluso de realizar transmisiones simultáneas ya que puede hacer saltos de frecuencia en periodos cortos de tiempo. LoRa tiene una comunicación bidireccional con una variación de SS llamada modulación de chirrido en espectro expandido, CSS (Chirp-Spread-Septum Modulation), este tipo de modulación ofrece muy baja interferencia y la posibilidad

de modificar la tasa de transferencia de datos SF (Spread Factor). SF puede variar desde SF7 hasta SF12 y la relación de SF es directamente proporcional al alcance de la señal. una estación base puede recibir mensajes de diferentes SF simultáneamente y tiene una velocidad de transmisión de 300 bps - 50 kbps dependiendo del SF que se utilice.

LoRa usualmente se despliega sobre una topología de estrella ya que esta es la simplicidad del tráfico de esta topología propicia el bajo consumo energético de los módulos finales. Estas redes se componen principalmente de al menos un servidor de red o nodo central, un nodo Gateway y módulo final o dispositivo cliente.

- **LoRa WAN**

Las redes Lora están diseñadas para la conexión de múltiples dispositivos, teniendo en cuenta de que no todos los dispositivos van a cumplir la misma función se tendrán diferentes requerimientos. Teniendo en cuenta, Lora WAN definió tres clases de dispositivos que pueden coexistir en la misma red.

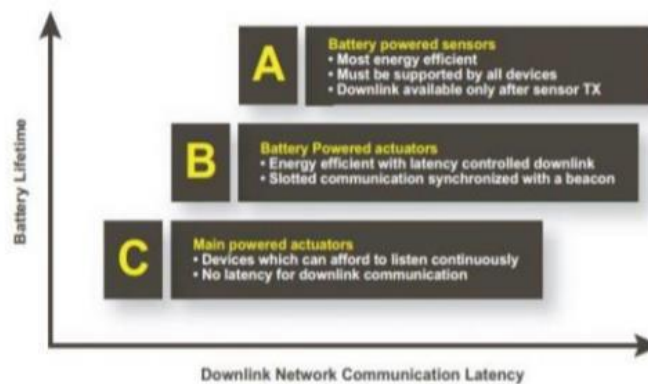


Ilustración 9: Clases de Lora WAN

Clase A: permiten realizar comunicaciones bidireccionales, la transmisión de estas sigue un orden establecido de un Up link seguido de dos ventanas de recepción para Down link, estas transferencias se validan con mensajes ACK. Las ranuras de transmisión están establecidas por el protocolo ALOHA el cual las adapta a las necesidades del dispositivo. Este tipo de comunicación limitada facilita que los componentes de red no tengan que estar activos todo el tiempo y puedan entrar en periodos de reposo mientras no se requiera la comunicación.

Clase B: En esta clase está orientada a la conexión, se establece una comunicación igualmente bidireccional, pero a diferencia de la clase A, los dispositivos no utilizan mensaje ACK previo a la recepción de los mensajes ya que se utilizan beacons sincronizados que definen los tiempos de envío de mensajes entre el Gateway y mota. El consumo de la clase B es mayor que el de la clase A.

Clase C: en esta clase los dispositivos siempre están activos en modo recepción, cuando los dispositivos no están transmitiendo esta es modo de recepción. Esta es la clase que tiene mayor consumo de energía.

Teniendo en cuenta que estas redes están diseñadas para la conexión de muchos dispositivos es importante asegurar que los únicos dispositivos conectados sean los que realmente conforman la red y no haya dispositivos foráneos conectados. LoRa WAN provee un mecanismo de autenticación que consiste en un proceso de registro, activación y almacenado de datos del dispositivo como: la dirección del dispositivo (DevAddr), identificador del dispositivo (AppEUI), llave criptográfica de sesión (NwkSKey) y la llave criptográfica de sesión de la aplicación (AppSKey).

9.1.4.3.3. Sigfox

Sigfox es una tecnología inalámbrica de baja potencia y largo alcance que está diseñada para redes IoT y está basada en comunicaciones M2M. Está diseñado para optimizar el consumo de energía en la transmisión de paquetes de baja demanda de capacidad en enlaces de largo alcance, los datos transportados son cargados a la nube y posteriormente procesados para su uso. Sigfox proporciona una red sobre tecnologías móviles para los dispositivos que no se adaptan completamente a los protocolos de telefonía móvil. Una red Sigfox se compone en dos capas principales. La capa de dispositivos físicos, es decir, módulos, antenas y otros dispositivos. y la capa de Sistema de soporte, es la capa de mayor complejidad, es la que procesa la información recolectada la gestiona y entrega las herramientas de control al usuario final, además desde esta es que el usuario puede tener gestión de toda la red.

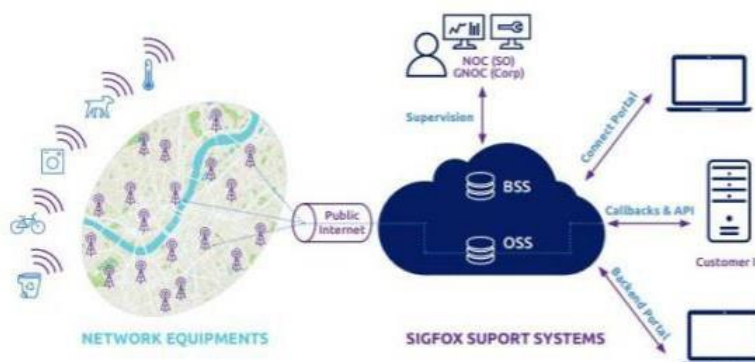


Ilustración 10: Arquitectura sigfox

Sigfox emplea una codificación de desplazamiento de frecuencia gaussiana y codificación de desplazamiento de fase binaria diferencial (PSK) a través de la banda ISM. Con el fin de poder sobrepasar fácilmente obstáculos en la línea de vista entre los nodos utiliza una señal denominada Ultra Narrow Band (UBN) banda ultra estrecha. Esta además de tener muy bajo consumo de energía tiene un largo alcance. La información se transmite desde los módulos finales hasta la estación base (BS) usualmente con tecnologías DSL, 2G/3G/4G. A nivel del back end el servidor se encarga de gestionar los mensajes y la meta data de estos este modelo se basa en recepción cooperativa por lo que es posible la recepción consecutiva de los mismos datos asegurar el almacenamiento solo de la información pertinente y relevante también es tarea del servidor. Los usuarios accederán a la información desde una API o desde una interfaz web y tienen la capacidad de asignar diferentes call backs para notificar los eventos que reporte la red, usualmente estos call backs se realizan sobre HTTP.

9.1.4.4. Infraestructura de servicios

PUB/SUB

El modelo Publish / Suscribe es un servicio de mensajería asíncrona que consiste en la comunicación entre dos agentes. El suscriber o suscriptor crea una suscripción con un tema o un subtema determinado para recibir mensajes de este desde el router, por otro lado, cuando el router recibe mensajes del publisher con una temática determinada se encarga de entregarlo a todos los suscriptores, en caso de que el mensaje no tenga la temática del suscriptor este omitirá el mensaje.

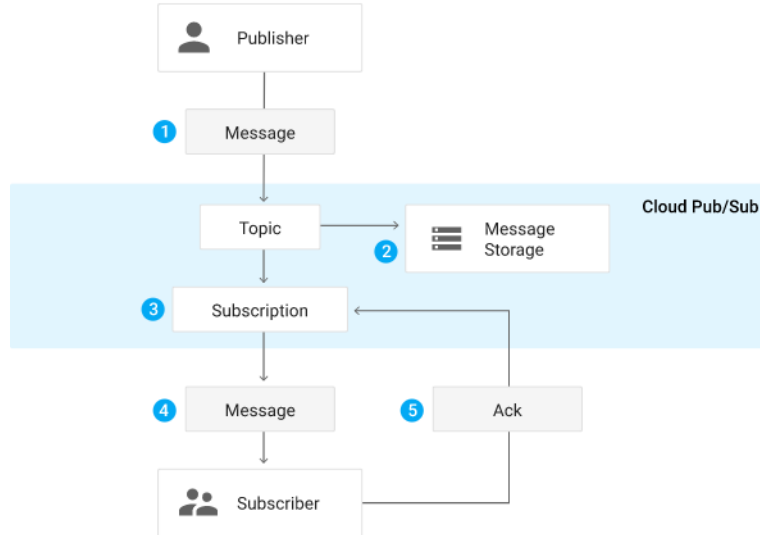


Ilustración 11: Flujo de mensajes Pub/Sub
Fuente: Google Cloud

- **rRPC**

El rRPC Router Remote Procedure Calls. es un modelo de comunicación remota que permite establecer estructuras operativas colaborativas entre la comunicación cliente- servidor. Esta metodología recibe información del servidor con el que desde el comienzo se establecen dos roles, el caller tiene una comunicación con el router donde se identifica el tipo de procedimientos disponibles. Por otro lado, un agente caller está en capacidad de pedir al router los procedimientos disponibles, el router llama al procedimiento, recibe su resultado y lo envía al respectivo caller que ha realizado el llamado.

Este modelo permite una mayor modularización de los procesos y de este modo ofrece mayor resiliencia y escalabilidad en las redes. por otro lado, este modelo es susceptible a errores de semántica y ralentización en comunicaciones con sistemas que requieren la transferencia de grandes cantidades de datos

- **MESSAGE QUEUE**

IBM define las colas de mensajes como una solución de middleware que permitael intercambio de información y mensajes entre aplicaciones y servicios. Este modelo está enfocado en evitar la pérdida de información y es conocido como mensajería asíncrona. en caso de haber un error de conexión entre el emisor y el receptor las colas de mensajes serán almacenados en una posición segura hasta que se

restablezca la conexión. Este protocolo genera una cola de mensajes única para cada cliente suscrito a la red entregando un identificador a cada uno.

- **MESSAGE SERVICE:**

También llamado servicio de mensajería puro este modelo distribuye los mensajes inmediatamente después de recibirlos sin verificar si el suscriptor está conectado, es decir que si por alguna razón el suscriptor no está conectado actualmente la información enviada por el publisher se perderá y no habrá manera de recuperarla ya que no se conserva un respaldo automático. No obstante, este tipo de servicio puede ser configurado con algunas herramientas de persistencia como extra.

- **WMQ:**

WebSphere MQ es un protocolo desarrollado por IBM basado en el modelo message queue y posee diferentes modelos de operación como punto a punto, multicast, pub/sub, telemetría y queuing middleware.

- **CoAP:**

Constrained Application Protocol es un protocolo de capa de aplicación utilizado en la comunicación de dispositivos sobre internet. su estructura le permite realizar comunicaciones con el modelo REST de HTTP y adicionalmente tiene cumple con las características necesarias para transmisiones de baja potencia y ancho de banda limitado como M2M e IoT. Este protocolo posee respaldo UDP y contiene mecanismos de seguridad específicos e independientes.

- **WAMP:**

Se considera un sub protocolo de tipo Web Socket capaz de ofrecer soluciones de tipo pub/sub y rRPC. Su diseño proporciona un estándar abierto enfocado para micro servicios y arquitecturas de red ligeramente acopladas ya que permite el intercambio de mensajes entre dispositivos en tiempo real. Este protocolo utiliza un canal de mensajería full dúplex y puede envolver los datos transportados en TLS como mecanismo de seguridad. Adicionalmente puede establecer dominios administrativos para cada cliente y con esto limitar los permisos y dividir a los clientes en diferentes subconjuntos como RPC, pub/sub y register/call/pubsub.

- **MQTT**

MQTT on Message Queue Telemetry Transport es un protocolo de transporte de comunicaciones cliente-servidor basado en pub/sub. Este protocolo es uno de los más usados en las redes IoT ya que su funcionamiento facilita la recolección de

datos ya que el broadcast de pub/sub permite tener independencia entre los datos y la aplicación. Este protocolo funciona en TCP/IP y posee soporte bidireccional. El protocolo TCP garantiza la llegada de los datos al menos una vez, sin embargo, aunque es posible la pérdida de algún dato en caso de las redes WSN o IoT no es una situación crítica ya que continuamente se reciben los reportes de los sensores. Este protocolo es capaz de funcionar en redes con ancho de banda limitado ya que la cantidad de información transmitida es pequeña. A nivel funcional este protocolo debe ser complementado con un Broker encargado de asistir las transacciones de información y funciona como servidor de traducción y almacenamiento de datos.

9.2. Transformación Digital

La transformación digital la podemos comprender como la integración de las tecnologías de la información en todas las áreas de una empresa, organización o negocio, para mejorar y cambiar fundamentalmente la forma de operación, buscando aumentar el valor a los clientes, operatividad y mejora continua donde se implemente, esto también supone un cambio en la cultura y pensamiento de las organizaciones ya que esto implica un cambio constante a los esquemas tradicionales de la organización, por lo que es necesario considerar una reestructuración de los modelos tradicionales y su apego a ellos.

Dentro del marco de implementación en ocasiones se puede tener en cuenta el replanteamiento de productos y estrategias ya instauradas dentro de la empresa mediante el uso de las tecnologías de la información para su mejora.

Fundamentalmente, la transformación digital requiere para su implementación o formulación un examen diagnóstico del estado actual de la empresa organización objetivo, buscando analizar los factores críticos y su respectiva ruta para la mejora a corto, mediano y largo plazo. Con la implementación de la transformación digital se logra instaurar en la organización o empresa un ritmo adecuado a las tecnologías y demandas emergentes del mercado, manteniéndose en un ciclo competitivo en el mercado.

9.2.1. Importancia de la TD

Día a día el mercado y la era digital está obligando a las organizaciones a adaptar sus modelos de negocio, sus productos y servicios para poderse adaptar a estas nuevas tecnologías y la forma en la que los clientes acceden a ellas. Con esto también se abre una gran importancia por los datos, ya que son estos los que logran

optimizar los canales de venta y el potencial para llegar a los nuevos, y con respecto a la actualidad y los nuevos comportamientos de los clientes, es posible decir que la transformación digital es una respuesta a las preferencias variantes de los clientes, como el uso de los teléfonos inteligentes, las demandas por el internet, el cambio en la forma de adquirir productos y recibir atención, entre otros comportamientos y tendencias, esto obliga que las empresas, organizaciones o negocios, transformen sus canales de ventas tradicionales, obligándolos a adaptar sus modelos tradicionales a sitios web con comercios electrónicos, aplicaciones, mejora y atención en los puntos físicos y demás.

La importancia de los datos se fundamenta en ser la forma de entender a los clientes y preferencias que puedan tener, con esto la integración de las redes sociales, historial de compras, búsquedas y rastros en la red, pueden ser ideales y puntuales a la hora de ofrecer nuevos servicios o productos y el canal por el cual se quieren hacer, esto también logra mitigar los riesgos y aumentar la efectividad y los recursos implementados, logrando impulsar la innovación en productos y planes de mercadeo.

Análisis de los datos para la transformación digital:

Conforme la transformación digital se vaya implementando se generará la importancia de saber interpretar los datos y entender que los datos sin una correcta lectura no son nada, por lo que la transformación digital propone que el análisis de la información da la capacidad impulsar el crecimiento del negocio, esto apuntado a generar un valor verdadero para el cliente, por eso la importancia de la recopilación y análisis de los datos en la era digital, esto para garantizar la permanencia en la misma, buscando asegurar poder competir en las nuevas tendencias del mercado.

9.2.2. Estructura y ejes principales de TD



Ilustración 12: Ejes centrales para la transformación digital. fuente: Autores.

Primer eje: Se determina si existe explícitamente un líder de primer nivel dentro de la organización, con las capacidades de liderar, impulsar, coordinar y orientar el proceso de transformación digital a lo largo de toda la transición.

Segundo eje: Visión y estrategia para la digitalización, para este eje se evalúa si la organización cuenta con un objetivo explícito de brindar una experiencia de primera a sus clientes, y busca mejorar permanentemente sus productos, servicios o soluciones tecnológicas.

Tercer eje: Equipo de trabajo, personas y cultura digital, en donde es necesario observar cómo la organización cuenta con flexibilidad y agilidad, si funciona en un marco de trabajo colaborativo, tanto de forma interna como con colaboradores externos.

Cuarto eje: Con el cuarto eje se contempla la digitalización de procesos y la toma de decisiones en donde se evalúa si la empresa cuenta con procesos determinados

y estructurados, digitalizados y eficientes para su fácil acceso, con reglas de negocio claras que permitan la toma automatizada de decisiones.

Quinto eje: Tecnología, control y manejo de datos y herramientas digitales: Con esto se busca determinar si la empresa cuenta con tecnologías, herramientas digitales, bases de datos y si tiene la capacidad de aprovechar ofrecer de forma eficiente y personalizada a sus clientes.

9.2.3. Escalafón evolutivo



Ilustración 13: Escalafón evolutivo transformación digital - Fuente: Autores

Nivel 1, Analógico: En el nivel analógico encontramos que es el nivel más bajo en la evolución y adaptación digital, en este nivel se encuentran comprendidas las empresas que se encuentran establecidas en un marco de gestión tradicional, sin mostrar grandes avances en los entornos digitales.

Nivel 2, Principiante Digital: El segundo nivel en el escalafón, lo podemos entender cómo las empresas que ya se encuentran con iniciativas hacia la transformación digital, en donde se encuentran en la búsqueda de incorporar tecnología y herramientas digitales que les permita la integración y mejora.

Nivel 3, Intermedio Digital: En este nivel encontramos las empresas que ya se encuentran en un camino definido en la transformación digital, con estados medios de desarrollo, evidenciando avances considerables en las dimensiones del proceso de la transformación digital, ya en este nivel es una empresa que empieza a ser competitiva a nivel digital.

Nivel 4, Avanzado Digital: En este nivel ya podemos encontrar empresas que se encuentran próximas a terminar el proceso de la transformación digital, estas empresas ya se encuentran con un modelo de negocio estructurado en un marco digital y ya cuenta con herramientas para estar en constante adaptación digital.

Nivel 5: Líder digital: Ya son empresas que se encuentran con herramientas y comportamientos totalmente digitales, son empresas que reemplazan completamente el modelo analógico y tradicional de gestionar los modelos de negocio de las empresas, cuentan también con la capacidad de generar mayor valor respecto a sus competidores en el mercado, poniendo la pauta en nuevas tendencias en el mercado digital.

9.2.4. Pensamiento y cultura

Para este proceso es necesario tener en cuenta los desafíos estratégicos, en donde la transformación del pensamiento y el foco principal de la empresa, tiene que cambiar en función del valor que se quiera brindar al cliente por medio de nuestro producto o servicio.

- Poner al cliente y la experiencia que se le pueda generar, como un foco estratégico al centro de la organización, esto debe ser considerado como un desafío cambiante y permanente.
- Generar propuestas de valor personalizadas para atender la demanda y las necesidades del cliente, haciéndolas integrales, económicas, simples y transparentes, esto para generar valor y mejorar la experiencia.
- Fortalecer el liderazgo con una visión clara del proceso de transformación y cambio cultural, esto siendo un elemento esencial para el proceso de transformación digital.

Las empresas tienen que contar con pensamientos claros frente a la transformación digital, en donde es necesario entender que la transformación digital es un proceso y fenómeno, complejo y estructurado que se requiere actualmente para gestionar diversidad y complejos procesos al interior de las empresas. Las organizaciones que logren o puedan gestionar estas dimensiones de forma adecuada y coordinada, serán las que logren ser competitivos en este mercado digital, las empresas que no implementen cambios serán desplazadas de sus mercados, dejando de ser competitivos, lo que puede poner en riesgo la proyección de la empresa en el mercado.

Los desafíos organizacionales se encuentran en la incorporación de la gestión del cambio, como una herramienta fundamental de la adaptación cultural de la transformación digital y la gestión del proceso, otro desafío es el desarrollo de la agilidad organizacional, como una forma de innovar y prestar mejores propuestas de valor para el cliente, otro desafío es ampliar las fronteras de la empresa, sumando nuevos socios y colaboradores estratégicos que aporten otra visión a la empresa con un factor diferencial ante la competencia.

9.2.5. Tecnologías de mayor impacto

Aunque las tecnologías pueden variar demasiado dependiendo de la empresa u organización en donde se quieran implementar, existen tecnologías generales que abarcan tecnologías específicas siendo entonces tecnologías que apoyan la tarea de la transformación digital como también respaldan la digitalización del modelo mecánico y análogo.

Cloud: o computación en la nube, es un concepto que tiene demasiada acogida en la actualidad ya que consiste en migrar procesos en computadoras y servidores remotas conocidas como cloud o nube, esta tecnología tiene como finalidad, tener acceso a la organización, sus aplicaciones y datos, nuevas funcionalidades, actualizaciones, acceso a los datos de la organización, entre otras funcionalidades que permiten gran adaptabilidad a las necesidades de la empresa en donde se requiera implementar.

Tecnologías de la información: Este concepto tiene una amplia gama de tecnologías embebidas, ya que su extensión y aplicación es demasiado amplia, pero gracias a esto es un conjunto de tecnologías que pueden ser adaptadas a las necesidades que requiera implementar la empresa, esto también ideal para enfocar los esfuerzos, recuerdos y talento de la empresa en el cumplimiento de objetivos personalizados que le permitan generar valor a los clientes y reforzar los diferenciales ante el mercado.

Aplicaciones o plataformas móviles: Permiten que los esfuerzos de la empresa se desarrollen en multiplataforma como también tener acceso a las tareas y aplicativos de la empresa, desde cualquier lado, esto se puede integrar con plataformas propias y de terceros buscando integrar funcionalidades y aumentar la productividad o impacto de las mismas.

Machine learning y tecnologías de inteligencia artificial : En estas tecnologías se ven enmarcadas aplicaciones que le brindan a las organizaciones la capacidad de obtener datos de forma automatizada y el procesamiento de los mismos para tomar decisiones precisas y certeras en base a los datos recolectados, esto aplicado también a diferentes finalidades y objetivos que pueda tener la entidad o empresa, puede ser implementada para el marketing, programas de ventas, e-commerce, desarrollo de productos, trazabilidad, sistemas contables entre otras aplicaciones. Estas son tecnologías con contenedoras de otras tecnologías que igualmente prestan grandes funciones, otras tecnologías relevantes serían:

Blockchain: o cadena de bloques es un registro único, consensuado y distribuido en varios y diversos nodos en una red, generalmente esta tecnología es conocida y asociada con criptomonedas, puede ser entendido como un sistema de registro y conteo, eficiente y certero, sumando que su confiabilidad y seguridad son altas, su tecnología se encuentra comprendida en el uso de bloques de información con características que le permiten todas estas características.

Realidad aumentada: La realidad es entendida como propiedades adicionales agregadas a nuestra realidad, la que percibimos y sentimos, por ejemplo, el uso de un filtro en las redes sociales, juegos como Pokémon Go, se la adaptación de nuestra realidad con características adicionales, esta tecnología en los últimos años ha tenido gran impacto y acogida gracias a las propiedades que le puede brindar a una empresa, también es variable dependiendo de la finalidad de donde se implemente.

Realidad virtual : La realidad virtual es una realidad distorsionada, no siempre fiel a la realidad que vivimos y percibimos de forma normal, esta puede ser en un entorno inmerso, usualmente para acceder a ella se necesitan de equipos o accesorios, esta tecnología tiene también varios usos dependiendo de las finalidades que quiera lograr la organización en la actualidad se puede ver en juegos de realidad virtual, creación de ambientes digitales, arquitectura con la creación de modelos y digitales entre otros.

Internet de las cosas o IoT: Se puede definir o entender como la agrupación e interconexión de dispositivos y objetos a través de una red, en donde son visibles entre sí como también interactuar, esta tecnología también crece día con día gracias a que se puede integrar con sensores, objetos de diario uso, la integración de todos los objetivos a una misma red para el control de los mismos por medio de la red,

tiene gran capacidad de usos e implementaciones, aunque uno de los más conocidos y relevantes es el uso en las casas inteligentes.

9.2.6. Ciclo Deming

El ciclo Deming o ciclo de mejora continua consiste en cuatro etapas que se repiten consecutivamente con el fin de reevaluar los procesos y las actividades periódicamente para incorporar mejoras y producir mejores resultados. También se denomina ciclo PDCA por las iniciales en inglés de sus cuatro etapas o en español PHVA:



*Ilustración 14: Diagrama Ciclo Deming
Fuente: Google*

- **Plan - Planear:** esta fase se enfoca en identificar el problema, necesidades o actividades que se necesitan mejorar; se establecen los objetivos, metodología y herramientas que se aplicaran con el fin de mejorar y lograr los objetivos. aquí es importante también establecer indicadores de control que permitan evaluar posteriormente la efectividad del plan; Algunas de las herramientas que se pueden utilizar para medir esta parte son indicadores clave de rendimiento (KPIs) o Listas de chequeo (check list).

- **Do - Hacer:** en esta fase se debe ejecutar el plan asegurándose de que las tareas se cumplan exactamente como se estableció en el plan. Es necesario que el plan se ejecute de manera controlada y se realice la verificación y respectiva realimentación de cada paso. Cuando se desean aplicar cambios significativos en el desarrollo del ciclo productivo se aconseja hacer pruebas piloto en un campo lo

suficientemente significativo para verificar el funcionamiento del nuevo proceso, pero teniendo en cuenta que esta prueba no representa un riesgo importante para la empresa.

● **Check - Verificar:** Cuando ya se ha completado la etapa de ejecución e implementación de lo planeado se debe comprobar según los objetivos e indicadores de control establecidos previamente. Es muy importante tener claros los mecanismos de evaluación y pruebas que se deben realizar para establecer el nivel de funcionamiento.

● **Act - Actuar:** Luego de comparar los resultados obtenidos respecto a los esperados se debe analizar si es preciso aplicar medidas correctivas o preventivas con el fin de mejorar o asegurar los resultados. En caso de que el proceso realizado se haya efectuado en un área de prueba se debe determinar si es pertinente aplicar las medidas definitivamente en la totalidad del proceso o si se debe seguir realizando cambios. Se recomienda hacer una documentación rigurosa de estas etapas con el fin de poder posteriormente extender el conocimiento recaudado a otros puntos de mejora similares, además de estandarizar las metodologías efectivas.

Este ciclo es una herramienta muy poderosa para las empresas ya que les permite entre otras cosas lograr disminuir errores y tiempos de producción, aumento de productividad, optimización de recursos y aumento de calidad en los procesos y productos.

9.2.7. Características del plan de TD

Para establecer una metodología de trabajo en función del avance hacia la transformación digital, se necesita identificar las capacidades con las que cuenta la empresa u organización objetivo, para así lograr establecer una ruta de transformación digital que permita la ejecución hacia los objetivos propuestos en el inicio.



Ilustración 15: Proceso para la formulación de una hoja de ruta. Fuente: Autores

Seguido de esto es necesario comprender que se puede desarrollar el plan de transformación digital fundamentados en un marco estructural en el cual se realiza el análisis externo e interno, y la propuesta de valor y mejora continua.

- 1) **Análisis Externo:** El análisis externo se encuentra como el análisis sectorial del mercado a nivel nacional o internacional, esto dependiendo del mercado en el que se encuentre la empresa u organización, análisis del cliente, teniendo en cuenta sus prioridades y tendencias. Análisis de factores acordes con las prioridades de los clientes. Análisis de las tecnologías afines o de uso regular de los clientes.
- 2) **Análisis interno:** Análisis de la cadena de valor, conocimiento del estado de la cultura digital y los procesos claves e infraestructura tecnológica.
- 3) **Propuesta de valor:**
 - a) **Diagnóstico:** Con el diagnóstico se evalúa la situación actual de la empresa u organización para obtener los huecos o brechas existentes derivados de diagnósticos y análisis previos y el mapa de madurez digital, se pueden realizar los análisis DOFA y Canvas para el apoyo.
 - b) **Objetivos:** Se realizan y establecen los objetivos personalizados de acuerdo a las necesidades que requiera suplir la empresa u organización.

- 4) Plan de acción: Se realiza la implementación de la metodología propuesta, generación de informes de seguimiento y seguimiento del mapa de ejecución.

9.2.8. Diagnóstico de madurez digital

Como herramienta de diagnóstico se proponen 3 ejes principales a evaluar, en los que se comprenden los temas principales contemplados para transformación digital a tener en cuenta en la empresa a la que se busque dar diagnóstico de su estado de madurez ante el proceso de la transformación digital.



Ilustración 16: Eficiencia operativa para diagnóstico de madurez digital. Fuente: Autores.

Cada uno de los ejes contenidos dentro de la eficiencia operativa se encuentran descritos de la siguiente forma:

- **Digitalización de procesos:**
 - Mejora de la calidad de los procesos.
 - Innovación en los procesos.
- **Empoderamiento del trabajador:**
 - Capacidad de estar presente en todas partes al mismo tiempo.
 - Trabajo colaborativo.
 - Gestión del conocimiento.
- **Gestión de calidad:**
 - Datos abiertos y de fácil acceso para la organización
 - Toma de decisiones basadas en datos.
 - Ciclo de mejora continua.



Ilustración 17: Diseño y entrega de productos y servicios para diagnóstico de madurez digital. Fuente: Autores

Cada uno de los ejes contenidos dentro del diseño y entrega de productos se encuentran descritos de la siguiente forma:

- **Diseño social de productos y servicios:**
 - Conocimiento social
 - Colaboración abierta distribuida o Crowdsourcing
- **Innovación en productos y servicios:**
 - Aplicaciones innovadoras de nuevas tecnologías.
 - Análisis de mercado.
- **Entrega de productos y servicios:**
 - Servicios al cliente personalizado.
 - Productos y servicios a la medida del cliente.
 -



Ilustración 18: Innovación en el modelo de negocio para diagnóstico de madurez digital. Fuente: Autores

Cada uno de los ejes contenidos dentro de la innovación en el modelo de negocio se encuentran descritos de la siguiente forma:

- **Nuevo modelo de negocio:**
 - Producto/Servicio Digital.
 - Integración digital de Productos y Servicios.
 - Aprovechamiento de economías compartidas.
- **Expansión Digital:**
 - Expansión del negocio basada en nuevas tecnologías.
- **Globalización Digital:**
 - Rediseño de estructura empresarial.
 - Servicios digitales compartidos.

Teniendo en cuenta los factores evaluados anteriormente se realiza una calificación ponderada que se verá reflejada en un diagrama de madurez digital, el cual tendrá como objetivo evidenciar de forma gráfica el estado en el que se encuentra la empresa en el proceso de transformación digital y áreas principales de capacidad de mejora.

Los 2 conceptos principales para la integración de la transformación digital son:

- **Negocio digital**
 - Ciclo de vida del producto o servicio.
 - Cadena de valor colaborativa.
 - operaciones y producción.
 - entrega y atención al cliente.
 - Finanzas y gestiones inteligentes.
- **Habilitadores de la transformación digital**
 - Estrategia de transformación digital.
 - Cultura de transformación digital
 - Gestión de la tecnología.
- **Modelo de referencia:**

En el siguiente gráfico se evidencia un modelo de referencia en el que se pueden ver los itinerarios hacia la transformación digital, con los diferentes posibles indicadores de estado para una empresa a lo largo de su proceso hacia la

transformación digital, este gráfico se encuentra dividido en 4 cuadrantes como se evidencia a continuación.



Ilustración 19: Modelo de referencia e itinerarios de transformación digital. Fuente: Basado en el modelo de MIT Sloan Management: *The Digital Advantage: How digital leaders outperform their peers in every industry*

10. DESARROLLO

10.1. Análisis del estado actual de las fincas objetivo

10.1.1. Recolección de información, datos técnicos y especificaciones

- **Vergara, Cundinamarca:**

En el municipio de Vergara en el departamento de Cundinamarca, en la provincia de Gualivá, es pertinente tener en cuenta las cifras significativas del municipio objetivo, cuenta con una extensión total de 146.3 Km², con una población aproximada de 7339, la altitud de la cabecera municipal se encuentra 1.510 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio de 20°C. La finca objeto de estudio se encuentra ubicada en una de las 29 veredas de Vergara, la vereda el Tigre, aproximadamente a 8km de la zona urbana, se resalta la participación del municipio de Vergara en donde su producción y siembra se presenta en gran parte de los cultivos del municipio, haciendo de este un municipio con auténtica cultura cafetera.

La tradición cafetera se extiende a lo largo del departamento, aunque existen regiones cafeteras con una alta producción y calidad de café, el municipio que es materia de estudio, Vergara se encuentra en la ruta Gualivá: Esta ruta es una de las rutas con mayor arraigo y tecnificación sostenible. La producción de café en Vergara y el departamento de Cundinamarca da la capacidad de crear y adaptar diferentes programas sociales que les permitan a las familias cafeteras, mejorar su calidad de vida. Como ejemplo el mejoramiento de la infraestructura y la nutrición infantil de la institución educativa la esperanza en el municipio de Vergara para el 2008 con este proyecto se buscó contribuir al mejoramiento de la educación en el sector rural, ofreciéndole a los jóvenes la posibilidad de acceder a una educación con calidad y equidad, adaptada a la realidad y a los contextos locales. Este convenio benefició a 160 familias caficultoras con una inversión de \$700 millones.

El impacto de la producción de café en el municipio de Vergara inicialmente se puede contemplar desde el ejecución en el departamento de Cundinamarca en donde hay más de 11.200 productores, todos siempre en pro de una excelente calidad y productividad, en Colombia la producción de café llegó XIX por las zonas fronterizas con Venezuela, antes de llegar al eje cafetero y zonas tradicionales de café en Colombia, llegó y se expandió en Cundinamarca, por lo que a comienzos del siglo XX se dieron inicio a los primeros cultivos y haciendas cafeteras de Cundinamarca, este café actualmente goza de gran reconocimiento y presencia en

el mercado cafetero, en donde está presente en 69 de los 116 municipios de Cundinamarca, en este departamento encontramos 6 regiones cafeteras que serían: Gualivá (Donde se encuentra el municipio de estudio), Magdalena, Rionegro, Sumapaz – Oriente, Tequendama Norte y Sur.

En el departamento se estiman que la cosecha tiene un valor de aproximadamente 200 mil millones, los cuales son distribuidos en más de 30.000 familias campesinas, generando a su vez más de 100.000 empleos directos o indirectos en la cadena de producción del mismo, al ser el tercer cultivo más importante del departamento, contamos con que la extensión de cultivo es de aproximadamente 38.000 Hectáreas.

En Vergara se iniciaron los cultivos de café a la par que se extendió por todo Cundinamarca, donde hasta el día de hoy es uno de los 2 principales pilares de la economía en Vergara siendo entonces el Café, los cultivos de la caña panelera, además de estos, también se promueve el agro como soporte de la economía del municipio, esto gracias a las grandes corrientes hídricas, el clima y fauna y flora que se puede encontrar en el municipio.

En la Finca Hotel Guayacundo en el municipio de Vergara encontramos que la Finca cuenta con una extensión aproximada de 12 Hectáreas en donde 6,5 se encuentran cultivadas en café, siendo cerca de 26.000 cafetos, esta finca cuenta con toda la raíz caficultura de la región, ya que posee más de 100 años en esta cultura, la Finca Guayacundo es parte de una gran hacienda llamada “Los abuelos” originaria en la vereda El tigre en donde, en la época de apogeo contaba con aproximadamente 170 Hectáreas, que posteriormente serían repartidas entre 14 hijos y con el paso de los años, una parte es lo que hoy se conoce como la finca Guayacundo, inicialmente se encontraba cultivada con caña, posteriormente acogiendo la cultura cafetera de la región y en busca de impulsar el agro se extendió en mayor medida la plantación de café, para su línea de producción se implementó el beneficiadero para el café, secadores solares y todo lo que compone el ciclo del café, hasta un producto de alta calidad para el consumo.

- **Finca Guayacundo**

Guayacundo (VERGARA)	
Extensión	Aproximadamente: 12 hectáreas o 18 Fanegadas
Cafetos	Aproximadamente: 28.000 unidades
Empleados	6 campesinos requeridos por mes
Conexión	Internet 10 Mbps Computador central
Procesos	<ul style="list-style-type: none"> ● Siembra ● Abonado ● Limpias ● Recolección, ● Pelado y lavado (beneficio). ● Secado.
Producción	Aproximadamente: 10.000 kg por año.
Temperatura	Promedio de 24°C
Altitud	1.300 MSNM
Variedad Café	Castillo y variedad Colombia (Ambas Arábigas)

Tabla 5: Datos técnicos finca Guayacundo. Fuente: Propietarios.

• **Acevedo, Huila:**

Es un municipio del departamento del Huila que cuenta con un territorio 700 km² ubicado sobre la cordillera oriental está delimitado por la Vía Acevedo-Pitalito al norte y Vía Pitalito-San Marcos al sur, Vía Acevedo-San Marcos al oriente y Municipio Pitalito al occidente. Acevedo tiene una temperatura promedio es de 22 °C lo que la convierte en un territorio ideal para la siembra de frutos como: plátano, frijol, maíz, tomate, cacao, caña de azúcar, yuca, cebolla y varias frutas que representan un área de siembra cercana a las 3.000 hectáreas. Aunque su actividad

agrícola está en su mayoría orientada al café y en varias ocasiones se ha llevado el título del mejor café del Huila, como resultado de un concurso que compara cientos de frutos producidos en el departamento y pasan por la aprobación de catadores profesionales, este concurso se hace bajo la mirada de compradores de Estado Unidos, Asia y Europa entre otros.

Según el DANE, Acevedo cuenta con una población de 35.877 habitantes y tiene una densidad poblacional de 51,25 Hab / km². La Gobernación del Huila en unión con la FNC han generado proyectos en convenios para apoyar a los habitantes de Acevedo, entre estos proyectos están: Restaurantes escolares, Programa de Seguridad Alimentaria, Construcción de secaderos solares y Asistencia técnica para la reconversión de la caficultura del Huila. Entre otros.

Otras de las actividades económicas de Acevedo están en los animales, el ganado bovino, porcino, caprino, caballar, mular y los animales de labor junto con el subsector avícola conforman también una parte relevante en las actividades de los habitantes de Acevedo. La finca Buena vista se encuentra ubicada en la vereda El Diviso, una de las siete veredas del corregimiento de La Victoria a unos 15 Km del casco urbano de Acevedo. Esta finca al igual que la mayoría de las aldeañas no cuenta con servicio de internet ya que solo hay servicio de un proveedor y dada la economía de la zona este servicio se limita a unas cuantas familias que tienen la capacidad económica suficiente para costearlo.

• **Finca Buenavista**

Buenavista (HUILA)	
Extensión	6 hectáreas
Cafetos	28.000 aprox.
Empleados	Cosecha: 7-10 Temporada baja: 5
Conexión	No registra
Procesos	<ul style="list-style-type: none"> ● Siembra ● Recolección ● Descerezado ● Beneficiado

	<ul style="list-style-type: none"> • Secado (parcial)
Producción	20.000 kg anual
Temperatura	22-24°C
Altitud	1348 MSNM
Variedad Café	Caturra, Castilla, Catimor

Tabla 6: Datos técnicos finca Buenavista. Fuente: Propietarios

10.1.2. Proceso de diagnóstico

Análisis interno Finca Guayacundo:

¿Cuál es el valor?: El valor de la finca Guayacundo se evidencia en la experiencia del trabajo campesino en la elaboración del café artesanal, buscando brindar la capacidad de que el consumidor conozca el proceso, se apropie y disfrute de un café hecho por cafeteros colombianos.

¿En que se sustenta el negocio?: El modelo de negocios se sustenta en la implementación de todo el proceso productivo del café de forma artesanal, con la capacidad de invitar a sus clientes a ser parte de este proceso, con la visita de las instalaciones, además de comercializar el café sin depender totalmente de cooperativas cafetaleras que mezclen el grano producido con el de otras fincas, dándole valor e identidad al café de la finca cafetera Guayacundo.

¿Cuáles son las actividades involucradas?: Se evidencian actividades productivas en todo el ciclo del café, como también la distribución del grano en 2 principales presentaciones, café verde, y tostado y molido en diferentes presentaciones, por lo que se ven involucradas las actividades completas de un ciclo productivo en el marco de, fabricación, venta y distribución.

¿Qué es lo importante?: Se identifica que lo importante radica en la calidad del café que se le brinda al cliente final, lo cual se encuentra fundamentado en un riguroso proceso que permite los estándares más altos de calidad en el café, esto para generar fidelidad y credibilidad del producto en los clientes, esperando la

experiencia sea plena y satisfactoria al consumir un café 100% colombiano, procesado por manos de cafeteros colombianos.

Cadena de valor: La cadena de valor se encuentra consolidada desde la semilla del café, hasta un producto terminado en una taza de café, en donde la cadena de valor radica en garantizar que el café es 100% colombiano, fabricado en la finca Guayacondo en donde es posible asistir a ella, ver y ser partícipes del proceso del café por cada una de sus etapas.

- Empaques ideales y competitivos frente a la competencia.
- Alta calidad en los procesos de producción del café
- Capacidad de visitar y ser parte del producto.
- Productos en diferentes presentaciones y opciones para el consumidor.

La prioridad del producto se encuentra enfocada enteramente a la satisfacción del cliente y su experiencia en el consumo del café artesanal, con aspectos claves en la fidelidad, honestidad y capacidad de sorprender con un café de alta calidad.

Áreas de mejora: Principalmente en la finca guayacondo se logran identificar mejoras considerables en la cadena de valor.

- **Procesos de producción:** Se puede identificar que en el proceso de producción de café hay 2 procesos que son tardíos y con capacidad de mejora, siendo la trilla y la torrefacción.
- **Volumen de producción:** Los volúmenes de producción tienen gran margen de mejora, ya que, de adquirir maquinaria especializada se puede mitigar y hasta erradicar la tercerización del proceso de trilla y tostado.
- **Presencia digital:** Actualmente es muy poca la presencia de la finca cafetera a nivel digital, lo que causa que su distribución sea a nivel local.
- **Contabilidad digital:** Se identifica que los procesos de contabilidad y manejo se encuentran en su mayoría en un nivel análogo, en donde se manifiesta que en algunas ocasiones se presenta pérdida de datos.

Dimensión técnica: En la dimensión técnica encontramos que la finca guayacondo cuenta con maquinaria adecuada para.

- Siembra del café.
- Aspersión de insecticidas.
- Maquinaria para el proceso del café (Becolsub Jotagallos)
- Recolección.

- Secado del café
- Tostado
- Trilla.
- Clasificación de café.
- Empaquetado y sellado del café

Dimensión operativa: Se evidencia que la dimensión operativa se encuentra controlada bajo un régimen análogo con operaciones regulares apegadas al ciclo tradicional del café, con capacidad de empaquetar y sellar su propio café de forma análoga dejando capacidad de mejora.

- Deficiencia en capacidad de distribución.
- Procesos de trilla y torrefacción deficientes, se recurre a tercerización regularmente.

• **DOFA finca Guayacundo**

Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • No existe un ciclo de mejora continua en los procesos. • los procesos de trilla y torrefacción son para una producción limitada. • Poca apropiación de herramientas digitales. • No se cuenta con una logística de distribución sólida. • En algunas ocasiones se terceriza el proceso de trilla y torrefacción. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desastres climatológicos, plagas y enfermedades. • Competencia directa de los grandes productores y marcas posicionadas. • El mercado en crecimiento aumenta la oferta nacional y disminuye los precios comerciales. • Dificultades técnicas y sanitarias para acceso al mercado. • Limitaciones regulatorias para la comercialización del producto a gran escala.
Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> • Suelo con condiciones propicias para producir un café de calidad premium. • Interés en comenzar con el proceso de transformación digital. • Implementación de maquinaria mecánica que agiliza y facilita el traslado interno del café en la recolección. • Instalaciones apropiadas para todo el ciclo 	<ul style="list-style-type: none"> • El proceso trilla y torrefacción puede mejorar notablemente. • Baja digitalización y apropiación tecnológica en la zona. • Mercado digital en crecimiento. • El mercado de café artesanal está en crecimiento. • El comercio digital abre las puertas al

<p>de café.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ya se cuenta implementado un proceso de empaquetado y etiquetado propio. ● Conectividad ya desplegada en la finca. ● El café cuenta con diferenciadores frente a la competencia. ● Todo el proceso se realiza en un mismo lugar. ● Cerca de la capital del país. 	<p>contacto con clientes mayoristas y minoristas en él nacionales y en el exterior.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● la calidad del café colombiano hace que el valor en el extranjero tienda al alza. ● Mayor capacidad de siembra ya que no se ha utilizado todo el territorio.
--	---

Tabla 7: Matriz DOFA finca Guayacundo. Fuente: Autores.

Análisis interno finca Buenavista.

¿Cuál es el valor?: A nivel nacional el valor es que la finca está ubicada en la zona de mayor nivel de producción y distinción de calidad del país. a nivel local la producción no cuenta con un proceso diferencial al tradicional.

¿En qué se sustenta el negocio?: El modelo de negocio se basa en la producción en masa de café tradicional mediante procesos artesanales. El comercio se realiza principalmente con las cooperativas locales.

¿Cuáles son las actividades involucradas?: Dentro de la finca Buena vista las actividades de producción que se realizan son la de recolección, descerezado, y beneficiado del café. La finca está equipada para hacer el proceso de secado de una parte importante de la cosecha. sin embargo, este proceso no es prioritario ya que en el comercio local no representa una diferencia importante.

¿Qué es lo importante?: Las instalaciones de la finca tienen el potencial de producir un café con procesos de calidad eficientes para la elaboración de un producto premium y de este modo generar una diferenciación al café producido localmente.

Cadena de valor: La cadena de valor principalmente se basa en la producción bajo procesos que se preocupan por:

- Disminuir riesgos en la cosecha como plagas y enfermedades.
- Asegurar niveles de producción aceptables respecto al número de cafetos para aumentar las utilidades.

- Asegurar la producción de frutos de buena calidad para disminuir riesgos de producción.

Áreas de mejora:

Dimensión humana:

- A nivel comercial los únicos clientes que tiene la finca Buena vista son las cooperativas locales las cuales compran la producción completa cuando el café apenas termina la etapa de beneficiado. Usualmente este comercio local siempre compra mayormente el café en esta etapa. sin embargo, las cooperativas también compran después de la etapa de secado a un precio que compensa la pérdida de peso que se presenta en este proceso, aun así, este ajuste de precio no retribuye completamente el trabajo que representa el secado de grandes volúmenes de cosecha, es por esta razón que los productores usualmente comercializan con el denominado café mojado.
- Es necesario contactar con clientes mayoristas o minoristas que compran directamente el café completamente procesado ya que de esta manera es como se obtiene una utilidad real respecto al trabajo realizado en las etapas finales.

Dimensión técnica:

- La finca no cuenta con equipo para el proceso de Torrefacción y a pesar de que el acceso a terceros que prestan este servicio estos proveedores no brindan ninguna garantía en el servicio. de este modo, no en todos los casos el nivel de tostado es ideal, en ocasiones es escaso y en otras es excesivo. Este es un factor de riesgo importante ya que el resultado de este proceso es imposible de corregir y afecta de gran manera el resultado del producto final en sabor y calidad.

Dimensión de operaciones:

- No hay implementado un sistema administrativo de la finca, el control de la producción es completamente análogo y no hay un registro de datos que permita hacer una retrospectiva clara de cosechas anteriores.
- **DOFA finca Buenavista**

Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> ● El producto ofrecido actualmente no tiene un valor agregado respecto al producido por los caficultores de la zona. ● No existe un ciclo de mejora continua en los procesos ● La mayoría de la producción se vende después del beneficiado, solo un pequeño porcentaje se lleva hasta la etapa de torrefacción. ● La finca no está equipada para realizar la torrefacción. ● Los procesos de control internos son manejados de forma análoga y manual. ● Poca apropiación de herramientas de computación. ● No hay implementado un proceso de empaclado y etiquetado propio. ● Poca educación en términos de calidad del producto final. ● Poca educación en administración de los recursos producidos. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Desastres climatológicos, plagas y enfermedades. ● El comercio tradicional local no ofrece diferenciación respecto a la calidad del café. ● Alto nivel de competencia a nivel tradicional. ● El mercado en crecimiento aumenta la oferta nacional y disminuye los precios comerciales. ● Dificultades técnicas y sanitarias para acceso al mercado a gran escala. ● Limitaciones regulatorias para la comercialización del producto a gran escala
Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> ● Suelo con condiciones propicias para producir un café de calidad premium. ● Interés en comenzar con el proceso de transformación digital. ● Implementación de maquinaria mecánica que agiliza y facilita el traslado interno del café en la recolección. ● Instalaciones apropiadas en sitio para procesos de descerezado, lavado y secado del café. ● Ubicado en el núcleo de la zona cafetera más importante de Colombia. 	<ul style="list-style-type: none"> ● El proceso de torrefacción se puede completar con terceros a precios asequibles. ● Baja digitalización y apropiación tecnológica en la zona. ● Mercado digital en crecimiento. ● El mercado de café artesanal está en crecimiento. ● El comercio digital abre las puertas al contacto con clientes mayoristas y minoristas en él nacionales y en el exterior. ● la calidad del café colombiano hace que el valor en el extranjero tienda al alza. ● La tecnificación de los procesos puede

	generar aumento en la producción de los cafetos.
--	--

Tabla 8: Matriz DOFA finca Buenavista. Fuente: Autores.

10.1.3. Diagnóstico de madurez digital

Para el diagnóstico de madurez digital de las fincas objetivo se hace uso de un formato con puntos claves para la transformación digital en donde se evaluarán los aspectos generales del estado de madurez digital, ajustando estos aspectos en una escala de relevancia acordes al mismo, viendo en cuáles cumplen o tienen presencia y en cuáles no, para con esto dar un panorama general de la madurez digital y proponer una hoja de ruta que se acomode a las necesidades de la finca, en el siguiente gráfico se pueden evidenciar los ejes principales del diagnóstico.

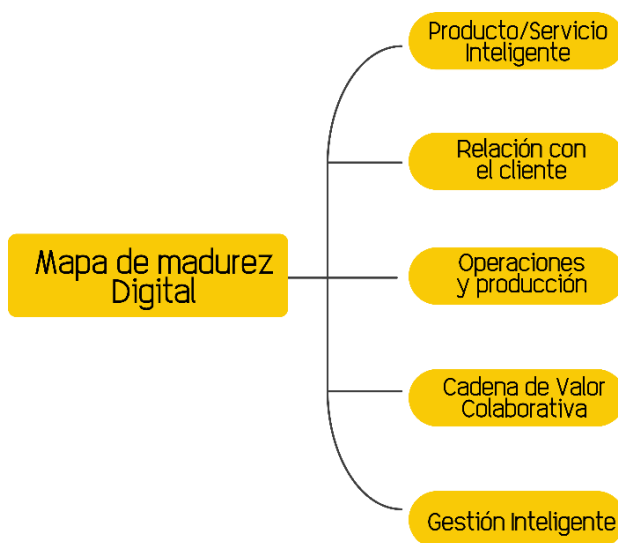


Ilustración 20: Diagnóstico mapa de madurez digital. Fuente: Autores.

El proceso de diagnóstico se llevará de forma conjunta en la siguiente tabla para ambas fincas. En esta tabla se tendrá en cuenta el despliegue de negocio digital en función de los habilitadores digitales. La tabla describe las competencias a evaluar y se dará una calificación a cada proceso dependiendo el nivel de madurez digital que tenga cada uno. donde es 1 la calificación para un proceso completamente análogo y 5 para un proceso completamente digitalizado o mediado por tecnología.

Categoría	Proceso	Tecnologías y herramientas para el desempeño	Valoración	
			Guayacundo	Buenavista
Producto /Servicio inteligente.	Diseño y desarrollo de productos/servicios, adecuado a las necesidades de los clientes.	Conocer los requerimientos de los clientes	1	1
		Diseñar y desarrollar nuevos P/S	1	1
		Personalizar los P/S para cada cliente	1	1
		Incorporar inteligente al P/S	1	1
	Diseño y desarrollo de procesos eficientes.	Diseñar y mejorar procesos internos.	1	1
Relación con el cliente,	Relación con la red de ventas/distribución	Transformación de canales con la red de ventas/distribución		1
	Captación clientes y pedidos	Darse a conocer a los clientes actuales y potenciales, Darse a conocer a los clientes actuales y potenciales	2	1
		Vender productos a los clientes	2	1
		Conocer al cliente.	2	1
	Atención y fidelización del cliente	Dar servicio postventa	1	1
Operaciones y producción.	Planificación de la producción	Planificar la producción	1	1
	Gestión de calidad	Gestión de la calidad de la producción.	2	1
	Proceso productivo.	Recolección de datos del proceso industrial	2	1
	Mantenimiento.	Gestionar el mantenimiento de equipos.	1	1

	Logística de salida	Controlar la logística de salida.	1	1
cadena de valor.	Proceso de Compra	Buscar proveedores	1	1
		Cerrar acuerdos de compra con proveedores.	1	1
	Gestión de aprovisionamiento	Planificar los pedidos	2	1
		Gestionar la logística de entrada	1	1
		Gestionar almacenes	1	1
	Colaboración con aliados.	Colaborar con proveedores de conocimiento y tecnología.	1	1
Gestión inteligente.	Gestión de personas	Captar y contratar personas	2	1
		Formar y capacitar a las personas	1	1
		Facilitar la comunicación entre personas de la empresa (además de la comunicación presencial)	2	1
	Gestión económico-financiera	Gestionar la nómina	1	1
		Gestionar la relación con los bancos	1	1
		Generar la contabilidad	2	1
	Control de gestión	Conocer la situación y evolución de la empresa (Cuadro de mando)	1	1
		Gestionar flujos de trabajo	1	1
		Gestionar y custodiar documentos	1	1

Tabla 9: Diagnóstico de madurez digital para las dos fincas objetivo. Fuente: Autores.

Uso de la tecnología digital	Buenavista		Guayaquendo	
	Valoración	Valoración General	Valoración	Valoración General
¿Está contemplada la transformación digital en el plan estratégico?	1	2	1	1,5
¿Qué nivel tiene en el organigrama la persona responsable?	3		2	
¿Tiene identificados Nuevos Modelos de Negocio basados en la digitalización?	3	3	3	3
¿Tiene definidos proyectos de Transformación Digital en el corto/mediano plazo?	1	1	1	2
¿Qué presupuesto específico se asigna para proyectos de Transformación Digital?	1		2	
¿Qué resultados ha obtenido en los últimos 3 años derivados de la Transformación Digital?	1		1	
¿Conoce las competencias digitales requeridas para sus empleados?	1	1	1	1,5
¿Cuántos recursos (tiempo, dinero, personal) destina al desarrollo de competencias digitales?	1		2	
¿Se establecen objetivos individuales o colectivos de innovación?	1	1	1	2
¿Qué % de la plantilla participa en procesos de innovación?	1		1	
¿Existen mecanismos para reconocer a las personas para aportar o desarrollar soluciones innovadoras?	1		2	

¿Dispone de un proceso formalizado para la innovación digital?	1	1	1	1,5
¿Involucra a aliados externos en sus procesos de innovación digital?	1		1	
¿Utiliza medios digitales para la participación de dichos agentes?	1		1	
¿Qué equipamiento tecnológico tiene su empresa?	1	1	2	2,5
¿Tiene sistematizado el proceso de identificación de sus tecnologías críticas?	1		1	
¿Qué grado de dominio tiene de sus tecnologías críticas?	1		1	
¿Qué tan especializados son los métodos para la gestión de proyectos de transformación digital?	1		1	

Tabla 10: Habilitadores de transformación digital. Fuente: Autores.

Como resultado encontramos la gráfica que nos deja en evidencia el estado de madurez digital del nivel de digitalización en función del nivel de habilidades digitales para ambas fincas cafeteras respectivamente.

Posición de Transformación Digital: Finca Guayacundo

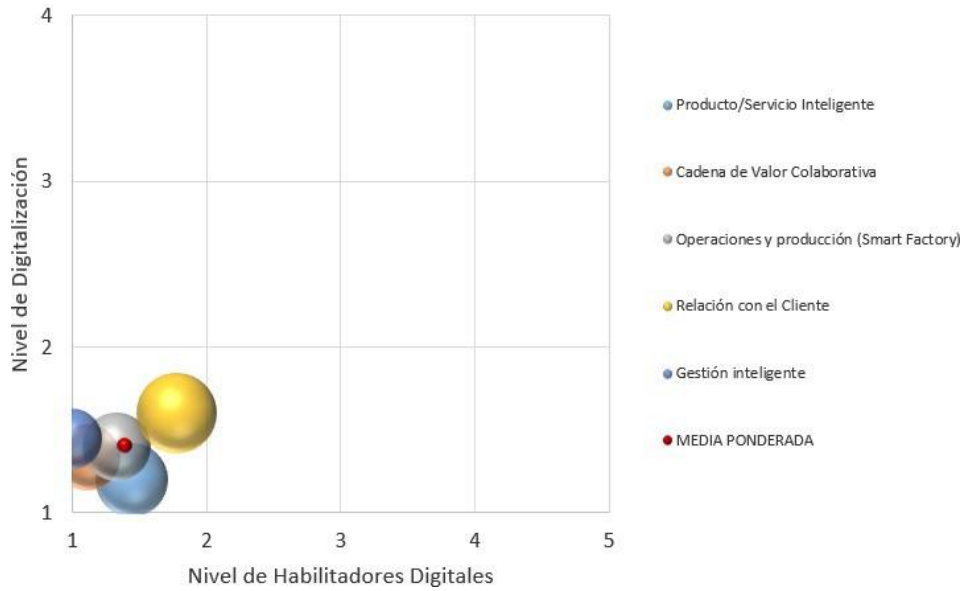


Ilustración 21: Madurez digital Finca Guayacundo. Fuente: Autores.

Posición de Transformación Digital: Finca Buenavista

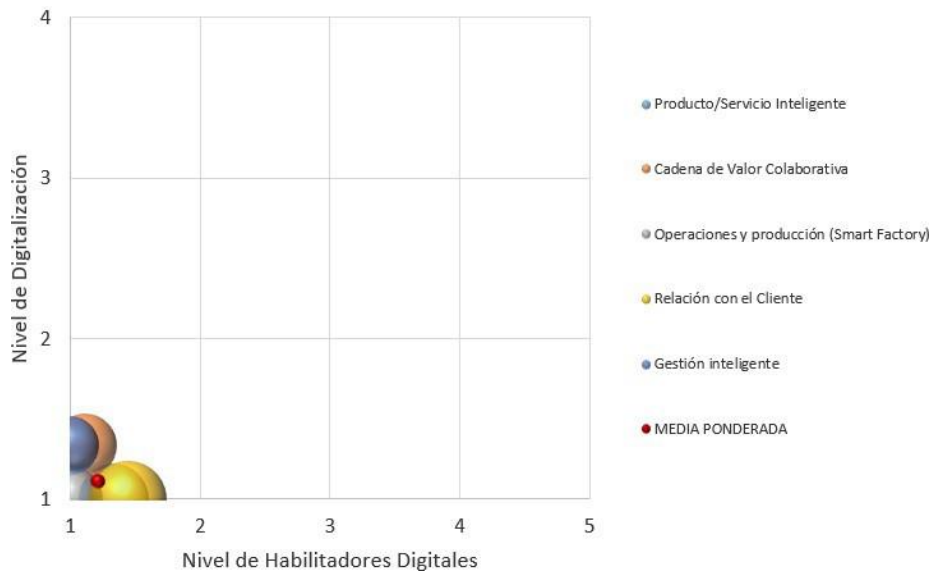


Ilustración 22: Madurez digital Finca Buenavista. Fuente: Autores.

- **Consideraciones para la ruta de transformación digital.**

El plan se encontrará diseñado para ser implementado a lo largo de 3 años, teniendo en cuenta los avances tecnológicos óptimos a implementar también dependiendo de la capacidad de implementación que se pueda tener con las fincas objetivo. De ser considerada un reajuste a la transformación digital que inicialmente se va a proponer, es necesario considerar una reevaluación ya que las tecnologías son altamente cambiantes y pueden variar considerablemente frente al planteamiento que se propondrá.

Una consideración importante es la inversión que es necesaria para la implementación de la ruta de transformación digital, esta puede llegar a ser elevada dependiendo del estado en el que se encuentre la finca y la finalidad que estas quieran tener, si es necesaria maquinaria adicional, incorporación de nuevos procesos o sensores como el despliegue en marketing, puede suponer un gasto importante, pero gracias a la transformación digital, es posible que el retorno de la inversión sea alto y proyecte un crecimiento acelerado gracias a la solución que se proponga de la transformación digital.

A nivel interno, más allá de la alineación tecnológica este proyecto será productivo para los procesos internos ya que permitirá desarrollar un control corporativo que facilite las tareas de administración financiera y operativa. Por otro lado, cuando se complete la etapa de control de los procesos de producción se espera tener un control claro de estos y de esta manera aumentar la calidad de la producción ya que hay factores importantes en el café como, el sabor, el cuerpo y la longevidad del producto final, estos dependen en gran parte del desarrollo exitoso y adecuado de los procesos finales del ciclo de producción. Es importante cumplir con estas condiciones ya que permitirá tener una diferenciación respecto a los productores que también se encuentren en un nivel análogo. Adicionalmente, cuando se busca un reconocimiento especial por parte de la FNC es necesario demostrar la calidad de los procesos y de los frutos, de esta manera esta tarea será más alcanzable respecto a las condiciones actuales.

Como el desarrollo de cualquier proyecto es necesario contemplar los escenarios de riesgo que se pueden presentar, una de los más grandes obstáculos que se identifican desde el comienzo del documento es la falta de apropiación de tecnologías actuales, es por esto que la falta de un acompañamiento pertinente puede desencadenar en resultados poco eficientes o en términos de digitalización de datos resultados erróneos que afecten el buen desarrollo de los procesos internos, por lo que es recomendable la apropiación del personal de las fincas en la transformación digital.

10.2. Proveedores locales de internet

La finca Buenavista no cuenta con servicio de internet, luego de hacer un análisis entre los proveedores que pueden llegar con servicio a esa zona se estimó que los ISP más asequibles son los siguientes:

ISP	Tipo de plan	Tecnología	Capacidad	Precio
DIRECTV	Velocidad	Satelital	30 Mb Max 13 disp.	Estrato 1, 2 y 3 \$94.900 /Mensual
Genio NET	Velocidad	Enlace microondas, punto- multipunto	5 MB	\$50.000 /Mensual
Hughes NET	Datos	Satelital	10 GB	\$167.900 /Mensual

Tabla 11: ISP Con despliegue en la zona para finca Buenavista. Fuente: Autores.

En la tabla se presenta la oferta más baja de cada ISP, todos los ISP presentan un contrato con cláusula de permanencia de 1 año. Los precios registrados en la tabla son los precios actuales de 2021, este dato puede cambiar en cualquier momento ya que es determinación del ISP.

Para la finca Guayacondo en lo corrido del año se identificó la implementación de internet gracias a un ISP especializado en despliegue de internet en la zona, en donde se presta el Servicio de Acceso a Internet Vía Microondas para Empresas y hogares, cuentan también con dar soporte a la interconexión de redes remotas, punto a punto y punto multipunto, usando tecnologías de última generación en enlaces inalámbricos.

ISP	Tipo de plan	Tecnología	Capacidad	Precio
DATATELC COMUNICACIONES SAS.	Velocidad	Enlace microondas, punto-multipunto	10 Mb Max 50 disp.	60.000 COP /Mensual

*Tabla 12: ISP seleccionado por la finca Guayacundo para la conexión y sus características.
Fuente: Autores.*

10.3. Hoja de ruta de transformación digital

Teniendo en cuenta que los niveles de apropiación tecnológica en el agro colombiano son bajos es necesario que los interesados en desarrollar esta hoja de ruta de transformación digital tengan capacidades básicas en computación ya que es necesario para sacar provecho de las herramientas que ofrecen los ordenadores y también las ofrecidas por internet.

El plan de transformación digital se va a enfocar en el desarrollo de distintas competencias que permitirán enfocar la ideología y el desarrollo de la finca como una empresa con visión tecnológica. Como ya se ha aclarado antes, la visión tecnológica y la transformación digital tiene un mayor enfoque en la transformación de la cultura, en primera base de los directivos y posteriormente de todo el personal que cumple las labores diarias.

La ruta que se plantea a continuación tiene un enfoque aplicado principalmente a robustecer la gestión interna de la empresa y el desarrollo de competencias de mejora continua para que luego de la finalización de ejecución de este plan se pueda seguir el camino de la innovación, actualización tecnológica y mejoramiento de los procesos internos.

Partiendo de la teoría de los escalafones de evolución digital la finca Buenavista se encuentra en un nivel analógico ya que no tiene ninguna implementación tecnológica dentro de sus procesos. La finca Guayacundo se encuentra en nivel principiante digital ya que algunos de sus procesos ya cuentan con participación tecnológica. Partiendo de esto se desarrollará un plan específico con algunos procesos mediante los cuales se podrá lograr consecutivamente llegar al siguiente escalafón. En este caso ya que la finca Buena vista se encuentra en nivel 1 esta será el punto de partida del plan. En caso de que los directivos de la finca Guayacundo consideren oportuno el desarrollo de alguna de las actividades descritas en esta etapa la podrán realizar previamente o de forma paralela al proceso demarcado para pasar de nivel 2 a nivel 3, es decir, de nivel principiante

digital al nivel intermedio digital.

Es importante mencionar que en el camino de constante cambio que sigue la transformación digital a menudo se llega a campos desconcertantes y desconocidos que serán obstáculo para llegar a los objetivos finales. En estos puntos es necesario comprender que grosso modo se presentan a continuación tres opciones para superar los obstáculos. La tercerización de los procesos es una herramienta fuerte para estos casos ya que permite que sea cual sea la tarea a realizar sea desarrollada por personal apto y generalmente siempre hay garantías de un resultado acordado. Por otra parte, si el componente faltante es de aplicación a largo plazo otro camino es la contratación directa de personal apto para cumplir con los objetivos o finalmente la capacitación del personal para que pueda desarrollar las tareas estando dentro de la misma línea productiva y conociendo más internamente las problemáticas a superar las necesidades. En todos los casos estos obstáculos no deben ser una barrera para llegar a una finalidad. Hay que tener en cuenta que si la necesidad existe siempre hay un área de conocimiento que puede ayudar a superar dicha necesidad.

- **Etapas iniciales:**



Ilustración 23: Transición inicial para la fase inicial. Fuente: Autores.

Para esta etapa comprendida en el primer año de aplicación de transformación digital, encontramos que la finalidad primaria es lograr que las fincas objetivo logren realizar la transición de un modelo analógico a un nivel 2 de principiante digital, para así contar con un precedente necesario para implementar la segunda fase hacia un nuevo escalafón hacia el nivel 3.

Para la etapa de digitalización de los datos es completamente necesario tener personal capacitado al menos con uso general de programas con hojas de cálculo.

Después del análisis interno de ambas fincas y de los procesos desarrollados durante el ciclo de producción se determina que los procesos que se pueden incluir en el plan de digitalización de datos son:

- **Registros de jornada laboral:**

- Trabajadores fijos
- Trabajadores temporales o cualquier tipo de personal que esté desarrollando trabajos dentro de la finca
- Reporte del tiempo de trabajo efectivo, esto se logra fácilmente con lo que se conoce popularmente como timbrar tarjeta de esta manera se tendrá un reporte efectivo de cuanto es el tiempo real de cada empleado.
- Recolección de cada trabajador.

Esto será importante porque además de facilitar el cálculo del pago oportuno de cada empleado ayudará a cuantificar de manera global exactamente cuál es la producción de la finca.

El nivel de producción es un campo muy importante ya que a partir de este se realizarán estadísticas de productividad, procesos de contabilidad financiera y proyecciones de producción a futuro.

- **Registros de producción**

- Cargas de café recolectado
- Cargas de café mojado
- Cargas de café secado
- Cargas de café secado y trillado
- Utilidades
- Activos
- Pasivos
- Gastos internos
 - Dotaciones
 - Reparaciones de maquinaria
 - Inversión en maquinaria
 - Gastos repentinos
- Gastos de producción
 - Abonos
 - Control de plagas
 - Salarios de personal
 - Transporte de producción
- Costos fijos
 - Servicios públicos

- **Registros de documentación específica:**
 - Inventarios y balances
 - Estados de flujo y resultados

Otro punto importante que se puede incluir en este apartado es la documentación de objetivos financieros específicos, gastos programados con antelación con el fin de apoyar procesos de planeación. en esta parte también se pueden incluir cotizaciones y comparación entre proveedores.

Es difícil a manera externa del proceso lograr enlistar todas las actividades o datos que se pueden llegar a registrar. Sin embargo, el enfoque de la digitalización de los procesos es precisamente ese, lograr guardar la información más relevante de cada proceso, incluso si es posible registrar cuantas veces se repite el mismo proceso para llegar cierta finalidad y de este modo empezar a buscar mecanismos que permitan optimizar dichas operaciones.

Con el acceso a internet en un comienzo con herramientas gratuitas se podrá empezar a generar un respaldo de la información recolectada en el computador local, esto permitirá tener los datos seguros en caso de sufrir daños en la unidad física. Este aspecto de guardar un respaldo de toda la información es importante teniendo en cuenta que todas las unidades físicas siempre están expuestas a daños que puedan producir la pérdida de los datos Es necesario que exista al menos un integrante del personal fijo en constante capacitación sobre el manejo de herramientas computacionales básicas en caso de que no haya alguno con aptitudes suficientes.

Luego de comprender la importancia y el potencial que tienen las redes sociales en el camino para generar una conexión directa con los clientes finales es importante empezar con la creación de perfiles comerciales en las plataformas más usadas. Actualmente, Instagram y Facebook son las redes sociales con mayor potencial comercial, y se han convertido en el principal nicho de mercado de muchos emprendimientos. Para esta parte es importante comenzar una capacitación para creación de contenido y uso de los Marketplace de estas plataformas. Vale la pena destacar que todos los procesos siempre deben estar ligados a la mejora continua.

- **Etapa 2:**



Ilustración 24: Transición secundaria para la fase inicial. Fuente: Autores.

Para esta segunda etapa se encuentran contenidos aspectos más enfocados a lograr un estado de intermedio digital, estado final que se espera lograr con la ruta de transformación digital para estas fincas, en esta etapa ya se ha llevado a cabo una fase inicial que permite que los nuevos habilitadores de transformación digital permitan progresar en el camino a la culminación.

El desarrollo de un producto innovador hecho a la medida de los clientes, productos temáticos y un mercadeo temático, Es necesario. Identificar, clasificar, potenciar y socializar el conocimiento

- Objetivos de la gestión del conocimiento
- Completar la tarea de un proyecto determinado.
- Mantenimiento de la propia experiencia.
- El desarrollo de competencias en la colaboración regional.

La segunda etapa de la digitalización de una empresa es el comienzo de lo que será el ingreso a los mercados digitales. Este es un mercado enorme cubierto por una gran cantidad de competidores. Específicamente hablando de café es posible encontrar productores de todas las regiones cafeteras de Colombia. sabiendo esto es importante saber que la clave para triunfar en este tipo de mercados es entregar un producto diferenciado, un producto que tenga un valor agregado que llame la atención de los consumidores.

para esto es necesario hacer un estudio de mercado, buscar a los competidores directos y encontrar:

- Definir público objetivo
- Cuáles son las necesidades del mercado y del consumidor.
- Cuál es la mejor manera de atender esas necesidades
- Como la competencia está supliendo esas necesidades
- Detectar el riesgo del mercado o de las estrategias
- Balance de precios
- Canales de distribución

Estos son algunos de los aspectos importantes en un estudio de mercado. Con esto se espera obtener como resultado directo:

- Un estudio claro del producto que se puede ofrecer y los canales y mecanismos de comercialización
- Análisis de la oferta y la demanda del producto
- Análisis de precios

En esta etapa luego de tener control de las herramientas de computación básicas usadas hasta este punto se debe empezar con la implementación de la red WSN para comenzar a reforzar a cadena de valor de la producción

- **Etapas 3:**

Se tendrá la integración de un plan completo de e-commerce que se adapte a las capacidades de las fincas objetivo, esto unificando con la trayectoria de transformación digital ya desarrollada hasta esta etapa final, dejando una brecha para la formulación y la implementación del plan de e-commerce.

10.4. Integración plan de e-commerce

El e-commerce en la actualidad es una herramienta que permite diversificar los productos que deseamos, además de lograr tener mayor alcance al consumidor final, siendo un intercambio de productos y servicios por medio de internet, existen

también diferentes modelos de e-commerce que se pueden acomodar a las necesidades que se requieran.

Ventajas de la implementación de e-commerce

El e-commerce bien estructurado tiene la capacidad de cumplir con operatividad las 24 horas del día por los 7 días de la semana.

- No se limita a un comercio local, logrando escalar nacional y hasta internacionalmente.
- Mayor alcance y facilidad operativa respecto al modelo tradicional.
- Proceso diferencial y personalizado para cada cliente.
- Eficiencia de recursos y operaciones.
- Múltiples canales de e-commerce gratuitos e intuitivos.

Tipos de E-commerce:

- B2B o Business to business, son las empresas las cuales tienen un modelo de negocio para otras empresas u organizaciones.
- B2C o Business to consumer, Estas son las empresas con modelo de negocio para consumidores finales.
- B2G o Business to government, Son las empresas las cuales su modelo de negocio está orientado con p/s para el gobierno.
- C2C o Consumer to consumer, Son personas naturales que comercian de forma informal. Es decir que no hay un ente empresarial en medio de la transacción.

Plan de E-commerce:

El plan de e-commerce es una declaración de los objetivos de negocio que se tengan propuestos en el alcance establecido, tiene que contar con el desarrollo, la sistematización y la integración de actividades, estrategias de negocio y análisis de la situación del mercado y las capacidades competitivas en el mismo, esto es necesario para que la estrategia de e-commerce se integre con el modelo propuesto de transformación digital.

Aplicaciones de un plan de E-commerce.

La transformación digital integrada con una solución de e-commerce es de gran utilidad ya que permite detectar y planificar la puesta en marcha del negocio en

nuevos entornos digitales.

Con estos modelos integrados a la transformación digital se logra mayor alcance a nuevos proveedores, facilitando negociaciones y aumentando la credibilidad en entornos digitales.

Capacidad de aumentar considerablemente el alcance del producto o servicio tanto a nivel nacional como internacional dependiendo de las condiciones propuestas en la transformación digital.

Etapas para el desarrollo del plan de e-commerce.

1. **Resumen ejecutivo:** El resumen ejecutivo es importante ya que permite tener un panorama claro de la propuesta que se quiere presentar, en este se tiene los datos más relevantes de una forma breve y que son de gran importancia para el negocio, teniendo en cuenta aspectos como el producto y servicio que se ofrece, público objetivo, objetivos y proyecciones del proyecto, estado de madurez digital, entre otros datos que se puedan considerar relevantes.
2. **Descripción de la empresa:** Con eso se tiene en cuenta los datos relevantes de la empresa, como visión, misión, valores, proyecciones de la misma a mediano, corto y largo plazo. Para esto es necesario también tener en cuenta el análisis DOFA para identificar oportunidad, debilidades, amenazas y fortalezas de la empresa.
3. **Análisis de mercado:** Todo el plan de e-commerce tiene que tener en cuenta en análisis del mercado en donde se logre desarrollar una perspectiva, buscando factores diferenciales, útiles para integrar soluciones diferenciales y competentes ante la competencia.
 - a. Identificar la competencia, realizando un listado si así lo permite el comercio, identificar ubicaciones, identificar sus oportunidades, trayectoria y debilidades ante el mercado.
 - b. Identificar al mercado objetivo, donde se pueden encontrar, en qué rango de edades se pueden ubicar, cuáles serían los diferenciales de mayor aceptación, identificar sus expectativas del producto y un porcentaje estimado del mercado a atacar.
 - c. Tener en cuenta todos los aspectos regulatorios que impliquen el desarrollo del negocio en el territorio nacional.

4. **Productos y servicios:** en este aspecto se destaca la necesidad de detallar el proceso al que se somete el producto, ver a qué precio se ofrece el producto en el mercado, identificar lo que NO se ofrece en el mercado, mirar factores de distribución habilitados, calidad del producto, estándares que cumpla entre otra información que puede llegar a ser relevante para competir en el mercado, plantear y dar desarrollo a estas preguntas.
 - a. ¿Cuánto estaría dispuesto un cliente a pagar por tu producto y los diferenciales que ofreces?
 - b. ¿Al final de todo el ejercicio cuál es la utilidad por cada producto vendido?

5. **Implementación del plan de marketing:** En este punto el plan de marketing y e-commerce es indispensable para que el producto y las proyecciones de la transformación digital cumplan sus objetivos, para realizar la implementación es importante contar por parámetros establecidos como:
 - a. Investigación del mercado.
 - b. Metas y objetivos reales de la implementación de marketing digital.
 - c. Canales de comunicación.
 - d. Definir un presupuesto de ser necesario.
 - e. Establecimiento de períodos e instrumentos para trazabilidad de resultados.

6. **Plan operativo:** Es necesario considerar el plan operativo que conlleva la implementación de un e-commerce, eso varía dependiendo modelo que quiera implementar dependiendo de las necesidades que tenga la empresa, algunos modelos son:
 - a. In house: Este modelo describe el proceso en donde la empresa mantiene un control de todas las etapas del producto pasando por su fabricación, venta y entra, este modelo requiere de operatividad detallada dentro de la empresa, buscando consolidar o darle manejo por medio de un departamento de TI.
 - b. Outsourcing: Este modelo describe cuando el proceso es tercerizado, para eso hay múltiples opciones en el mercado outsourcing que cuentan con procesos comprobados y de valor para las necesidades de la empresa, usualmente este modelo no permite tener trazabilidad de los clientes, ni las bases de datos, lo que supone una fuga de datos importante para la toma de decisiones.
 - c. Integrado: El modelo integrado hace referencia a la interoperabilidad de los 2 modelos anteriores en donde solo se terceriza alguna fase de

la cadena comercial del producto, pudiendo ser la fabricación, venta o distribución.

Consideraciones para un plan efectivo de e-commerce:

- **Desarrollo de marca:** Es necesario considerar un cambio de imagen que permita incrementar la inserción en el mercado, generando mayor credibilidad, presencia en redes y posicionamiento, esto para lograr tener un mayor alcance del producto.
 - Desarrollar la identidad corporativa.
 - Personalidad de la marca
 - Desarrollo de logotipo
 - Selección de colores adecuados.
 - Tipografías

Esto es necesario identificarlo, desarrollarlo y apropiarse para lograr mejorar el reconocimiento de la empresa, tener mayor impacto en las publicaciones e impacto de la publicidad que se vaya a desarrollar en el plan de marketing, atracción de nuevos clientes.

- **Desarrollar la presencia en redes:** Actualmente las redes sociales y el internet son factores determinantes a la hora de promover, vender o desarrollar un producto nuevo, por este motivo, es necesario crear cuentas y generar impacto y expectativa en las principales redes sociales del mercado.
 - Facebook
 - Twitter
 - YouTube
 - Instagram
 - Tik Tok
- **Principales e-commerce:** Los siguientes son e-commerce que son ideales para ampliar la presencia en redes, como también publicitar publicar los productos de forma gratuita como también contar con funcionalidades de pago que incrementan aún más el alcance del producto.
 - **Marketplace de Facebook:** Actualmente se encuentra como una de las mejores opciones para comprar y vender productos y servicios, cuenta con herramientas de publicación e integración con otras tecnologías como WhatsApp, que permite mayor facilidad en las comunicaciones.
 - **MercadoLibre:** Cuenta con herramientas que complementan toda la

línea de e-commerce, cuenta con publicaciones gratuitas, pasarela de pagos, trazabilidad y sistema de distribución integrado con una cadena logística de alto nivel, aunque cuenta con herramientas intuitivas, cuenta con un cobro a modo de comisión por todo producto vendido, esta comisión se logra ver reflejada en el precio final al consumidor, por lo que se considera más costosa frente a su competencia.

- **OLX:** Este e-commerce hace menos de un año recibió una actualización que integra nuevas tecnologías en la plataforma, hoy en día es uno de los e-commerce gratuitos más conocidos y de mayor uso.

Existen otras alternativas de un nivel más complejo pero que aun así cuenta con las facilidades e integraciones para exportar el producto a otros países, en Colombia la integración se realiza con cadenas como DHL, Western Unión, PayPal, esto logrando también la capacidad de aumentar el alcance a nivel internacional.

Alibaba: Es un e-commerce chino que se enfoca mayormente en el comercio B2B, por lo que es pertinente tenerlo en cuenta para altos volúmenes de exportación, cuenta también con varias características intuitivas para tener la capacidad de crear un perfil corporativo completo, un sistema de calificaciones sumado a un sistema de traducción para facilitar la comunicación entre las partes.

10.5 Plan de ejecución y cronograma.

El diagrama plantea un desarrollo partiendo de un estado analógico completamente y el orden de cumplimiento de los objetivos se puede cambiar dependiendo del estado de cada finca. El tiempo de duración del plan puede acortarse significativamente dependiendo de la capacidad de ejecución y adaptación de cada finca. En este caso puntualmente la ejecución del plan en la finca Guayacundo puede realizarse en un tiempo significativamente menor respecto a la finca Buenavista.

Los objetivos que representan un periodo mayor de 12 meses representan procesos que se deben ejecutar continuamente.

1. Digitalización de registros de producción.
2. Digitalización de información contable.
3. Análisis de datos.
4. Creación de perfiles RRSS.
5. capacitación en tecnologías usadas.
6. Despliegue de campañas publicitarias.
7. Implementación de red WSN.
8. Capacitación para realizar análisis adecuado de los datos de la red.
9. Integración de datos de red al proceso de producción.
10. Estudio de mercado.
11. Establecer mecanismos de distribución.
12. Detección de nuevos mercados.
13. Desarrollo de nuevos productos.
14. Producción de material publicitario.
15. Producción de los productos diseñados.
16. Inserción en plataformas e-commerce.
17. Gestión del conocimiento.
18. implementación de herramientas digitales de asistencia en los procesos.
19. Búsqueda de distribuidores externos fijos.
20. Ciclo de mejora continua.

Objetivos	Meses																																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36			
1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																										
2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																											
3								■	■	■	■	■																											
4								■	■	■	■	■	■	■																									
5	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																											
6													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
7													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
8																			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
9																																							
10																				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
11																																							
12																																							
13																																							
14														■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
15																																							
16																																							
17																																							
18																																							
19																																							
20	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Tabla 13: Diagrama de Gantt. Fuente: Autores.

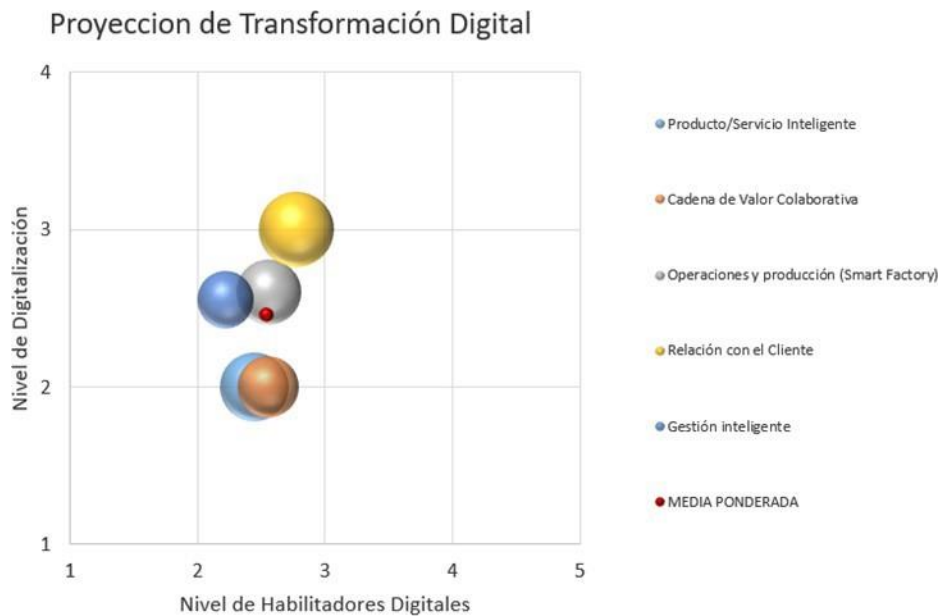


Ilustración 25: Proyección de madurez digital con la ruta aplicada. Fuente: Autores

Para cuando la ruta de transformación sea culminada se proyecta un posicionamiento de ambas fincas en el nivel 3 de madurez digital, en intermedio, con esto las capacidades son ideales para optar a cambios digitales de vanguardia y afrontar nuevos retos que se presenten con la evolución de las tecnologías en el mercado.

8.1. Modelo de conexión red WSN

8.1.1. Selección de Hardware

8.1.1.1. Módulos sensores

Teniendo establecidas las condiciones, aplicación y requerimientos de las motas y adicionalmente, cuidando que el factor de inversión no sea tan elevado se seleccionó como unidad de procesamiento el módulo de Arduino MKR WAN 1300.

Arduino es una plataforma de desarrollo basada en placas basada en software y hardware libre con la que se pueden implementar diferentes tipos de microcontroladores. Al tener una base de acceso libre facilita el desarrollo de proyectos ya que es sencillo encontrar información a nivel hardware y conexión

como de software y configuración de las placas y las diferentes shields compatibles. Arduino ofrece la plataforma Arduino IDE (Entorno de desarrollo integrado) desde la cual se puede desarrollar y cargar la configuración para cualquiera de las diferentes tarjetas de Arduino. Adicionalmente existen algunas librerías específicas para algunas tarjetas o shields que facilitarán la manipulación y configuración de estos.

El Arduino MKR WAN 1300 es una pequeña placa que integra la conexión MKR Zero y LoRa. Especial para la aplicación en proyectos con redes de bajo consumo y largo alcance. se puede conectar con otras placas de modo conexión directa y adicionalmente también se podrá conectar a *Arduino IoT Cloud* y a su propia red LoRa mediante *Arduino LoRa PRO Gateway* que es una infraestructura Lora WAN conformada por usuarios de todo el mundo.

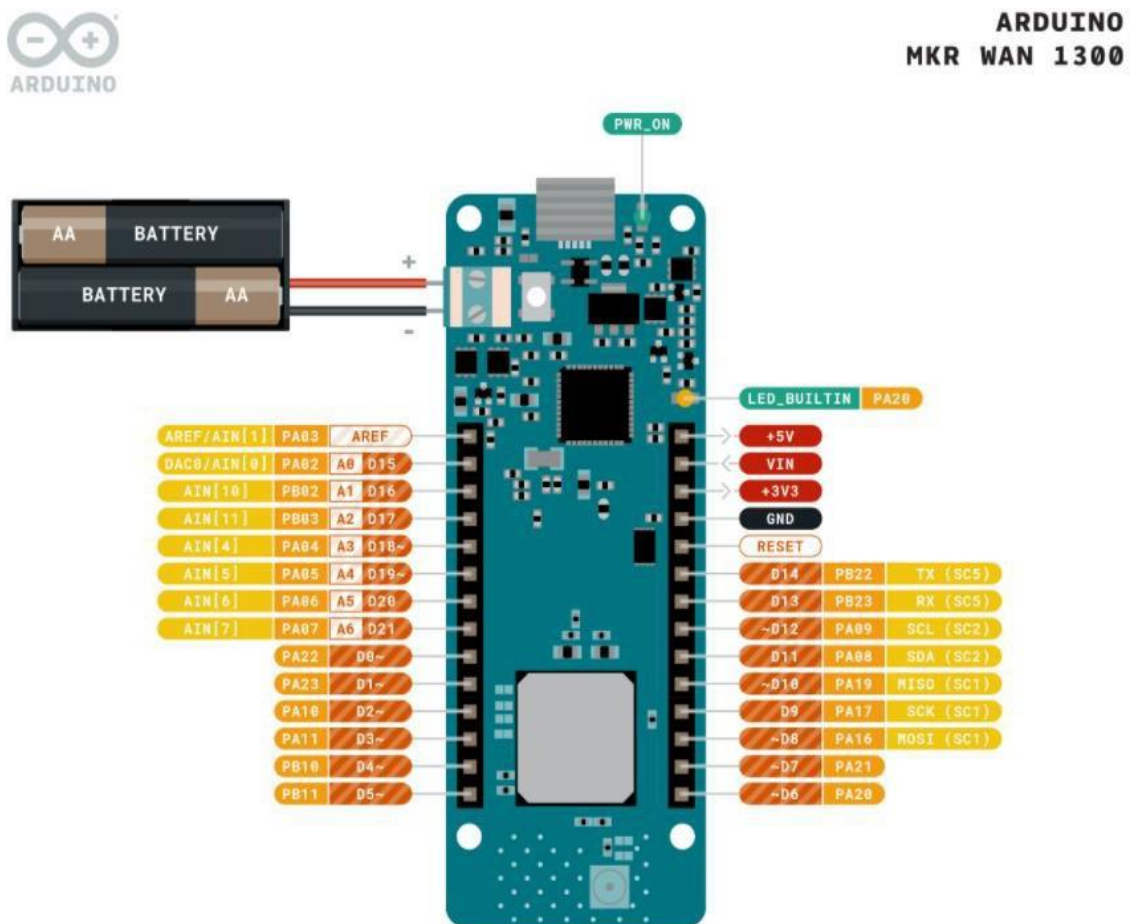


Ilustración 26: Pin out Arduino MK WAN 1300
Fuente: Arduino

Microcontrolador	SAMD21 Cortex-M0 + MCU ARM de baja potencia de 32 bits
Voltaje de input	5 V
Alimentación	2x AA o AAA
Pines digitales I/O	8
Pines PWM I/O	12
Pines Análogos input	7
Pines Análogos output	1
Corriente DC en pines I/O	7mA
Voltaje de operación del circuito	3.3 V
Memoria Flash	256 KB
SRAM	32 KB
EEPROM	No
Velocidad de reloj	32.768 kHz (RTC), 48 MHz
LED BUILTIN	6
Región de trabajo	EU/US
Frecuencia Carrier	433/868/915 MHz
Potencia de antena	2 dB
UART	1
SPI	1
Dimensiones	67.64 x 25 mm
Peso	32 g

*Tabla 14: Especificaciones técnicas Arduino MKR WAN 1300
Fuente: Arduino*

La placa Arduino tendrá la configuración que permita:

- Recibir la señal de los sensores.
- Conectarse con el Gateway mediante LoRa WAN.
- Recibir y aplicar actualizaciones provenientes del servidor a través del Gateway.

- **Unidad de alimentación**

La alimentación de la tarjeta Arduino MKR WAN 1300 se compone de 2 pilas convencionales (AA - AAA). Estas baterías suelen ser suficientes para algunos años de funcionamiento ya que la red completa está pensada para tener el mínimo de consumo energético posible. Sin embargo, pensando en asegurar y quizá prolongar la vida útil de las unidades se propone la implementación de un panel solar conectado a la celda de alimentación que se compondrá de dos baterías recargables. Esto con el fin de almacenar de manera sostenible energía eléctrica para cada módulo.

Otra opción es integrar como fuente de alimentación una Powerbank la cual tendrá una mayor capacidad de almacenamiento de energía, algunas de ellas tienen incorporado un panel solar para recargar las baterías internas

- **Sensor de cultivo**

Este módulo puede usarse directamente en Arduino y calcular la resistencia a partir de un divisor de voltaje o puede conectarse a través de una placa flying fish (YL-38) que entrega una salida analógica y otra digital. La señal analógica (AO) será el resultado de un divisor de voltaje el cual indicará 0V para un estado máximo de humedad y 5V para un estado seco. La salida digital (DO) será entregada por un op amp en modo comparador. La activación de la salida digital se produce cuando el nivel de humedad está por debajo de un umbral regulado desde un potenciómetro de la placa.



Imagen 6: Módulo HD-38 con placa flying fish
Fuente: Google

- **Densidad y ubicación**

Para el planteamiento de la ubicación de los módulos sensores se supondrá un sistema de riego con las características y técnicas más comúnmente usadas en este tipo de monocultivo. Adicionalmente, se contempla que estos son los equipos más comerciales y fáciles de encontrar en el mercado.

Tipo de sistema	Aspersores
Alcance x aspersor	15 metros
Marco de ubicación	Triangular

Tabla 15: Datos técnicos del sistema de riego. Fuente: Fabricante

Teniendo en cuenta que hay varios factores externos que afectan la humedad de la tierra como el tipo de suelo y la inclinación del terreno, entre otros, es preciso ubicar sensores cercanos para asegurar las condiciones adecuadas para su desarrollo. Se plantea agrupar la distribución de agua en grupos de 8 aspersores y ubicar un sensor en la mitad de cada arreglo de aspersores.

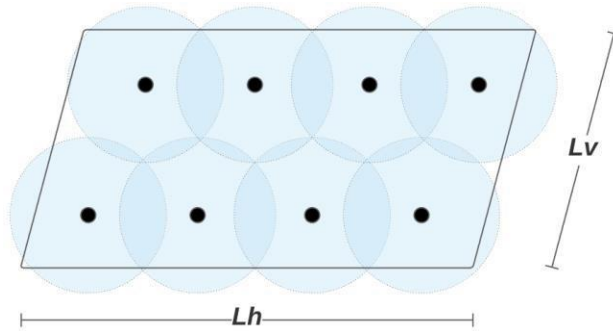


Ilustración 27: Ubicación de aspersores. Fuente: Autores

La expresión que permite calcular el área de riego de los aspersores será:

*Área de riego = $Lh * Lv$, donde Lh = longitud horizontal y Lv = longitud vertical*

La longitud está expresada por:

$$L = 2 * r * A - s(A - 1)$$

Donde:

*r = radio de aspersor, A = número de aspersores medidos, s = $r * \text{solapamiento}$*

Para el caso propuesto se tiene que la separación entre aspersores será:

separación horizontal = 40% extra de $r \rightarrow$ solapamiento 60%

separación vertical = 66% extra de $r \rightarrow$ solapamiento 34%

de este modo el proceso para calcular el área de riego propuesta será:

$$Lh = 2 * 15 * 4 - (15 * 60\%) (3) = 93m$$

$$Lv = 2 * 15 * 2 - (15 * 34\%) (1) = 54.9m$$

Así llegamos a que el área de riego por arreglo será:

$$\text{Área de riego} = 93m * 54.9m = 5.105,7m^2 \rightarrow 0.51 \text{ Hectáreas}$$

De esta forma se logra monitorear de manera confiable y asegurar condiciones estables de 0.51 hectáreas. Es decir que de esta manera se requerirán 2 sensores por hectárea.

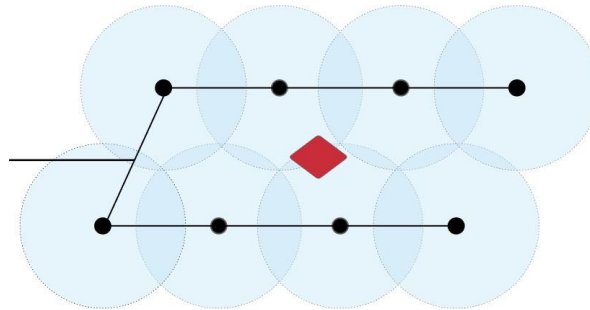


Ilustración 28: Ubicación módulo sensor y tubería en bloque de aspersores. Fuente: Autores.

El módulo que se propone para esta función es el higrómetro HD-38 compatible con Arduino. requiere una alimentación DC (VCC): 3.3V ~ 12V a 30 mA. Este módulo funciona calculando la resistencia eléctrica entre dos electrodos insertados dentro del suelo, de esta manera si la resistencia detectada es muy alta o se encuentra en circuito abierto, se estima que el suelo está seco. De modo contrario si la resistencia es muy baja, tiende a cortocircuito el estado de humedad en el suelo será elevado.

- **Sensor de beneficiado**

Teniendo en cuenta que este sensor se ubicará en los tanques donde se realiza el proceso de beneficiado estará expuesto a un uso fuerte y quizá no tendrá los mejores cuidados, por esto se recomienda una de las opciones de sensores de pH compatibles con Arduino de nivel industrial. El DFROBOT *ITEM #SEN0169*

Alimentación	5V
Rango de medición (pH)	0 – 14
Temperatura de trabajo (°C)	0 – 60
Exactitud	± 0.1pH (25 °C)

Tiempo de respuesta	≤ 1 min
Dimensiones	43 mm x 32 mm

Tabla 16: Datos técnicos SEN0169. Fuente: Fabricante.

Dado que el proceso de beneficiado solo se realiza posterior a la cosecha el uso más fuerte del sensor se presentará durante dos periodos al año, fuera del tiempo de cosecha el uso será ocasional. Esto extenderá la vida útil del módulo a varios años.

Es necesario especificar algunos de los cuidados que permitirán extender la durabilidad del sensor. Es necesario hacer una calibración del sensor cuando se realice la implementación del módulo. Hay que proteger el electrodo de contacto con objetos duros ya que esto podría dañarlo. Es necesario que el electrodo del sensor quede limpio y seco después de cada uso para que no pierda el nivel de calibración y presente errores en los datos reportados. Los métodos de uso y mantenimiento¹ se encuentran en las guías de descripción del sensor.



Imagen 7: Sensor industrial de PH SEN 0169. Fuente: Fabricante.

El cuidado de este módulo es muy importante ya que este proceso es uno de los más importantes de la cadena de producción, es preciso tener hacer un proceso de calibración periódico y determinar cuándo es pertinente hacer el reemplazo del electrodo

8.1.1.2. Gateway

Teniendo en cuenta las características antes mencionadas de un Gateway o puerta de enlace es claro que este nodo requiere un potencial muy superior al que requiere la unidad de procesamiento de una mota. Teniendo en cuenta esto se propondrá uno de los dispositivos más comunes para la implementación de Gateway en las redes WSN y redes IoT la tarjeta Raspberry. En este caso específico se describirán las características del modelo RaspBerry Pi 3B +. sin embargo, cualquiera de las tarjetas que tengan características similares podrán ser usadas para esta finalidad.

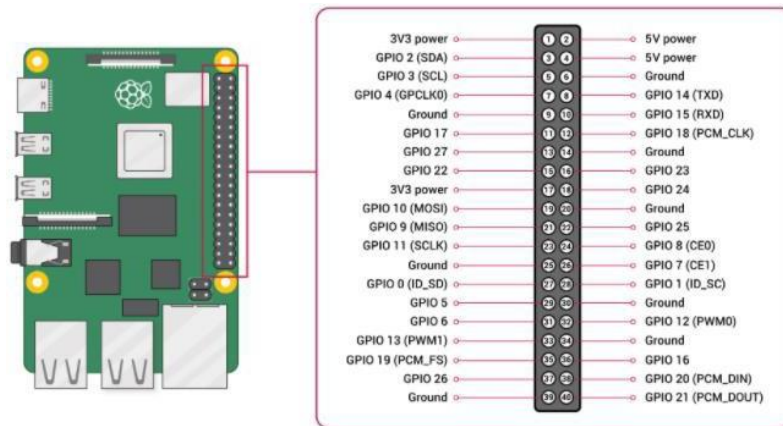


Ilustración 29: Raspberry pi 3b+ pinout
Fuente: Raspberry documentación

Las especificaciones técnicas de esta tarjeta son:

- Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) SoC de 64 bits a 1,4 GHz
- SDRAM LPDDR2 de 1 GB
- LAN inalámbrica IEEE 802.11.b / g / n / ac de 2,4 GHz y 5 GHz, Bluetooth 4.2, BLE
- Gigabit Ethernet sobre USB 2.0 (rendimiento máximo 300 Mbps)
- Cabecera GPIO extendida de 40 pines
- HDMI de tamaño completo
- 4 puertos USB 2.0
- Puerto de cámara CSI para conectar una cámara Raspberry Pi
- Puerto de pantalla DSI para conectar una pantalla táctil Raspberry Pi
- Salida estéreo de 4 polos y puerto de video compuesto
- Puerto micro SD para cargar su sistema operativo y almacenar datos
- Entrada de alimentación de 5 V / 2,5 A CC
- Soporta Power-over-Ethernet (PoE) (se recomienda el uso de power injector)

Para cumplir con la función de Gateway la Raspberry debe ser complementada con un módulo de comunicación en este caso de LoRa WAN. Los módulos de LoRa basados en el sistema SPI suelen ser compatibles con todos los modelos de Raspberry. Además, el funcionamiento e implementación son muy similares.

- Entre los módulos LoRa opcionales que se pueden implementar están:
 - Radio Libelium LoRa
 - Modtronix inAir9 / inAir9B
 - HopeRF RFM92W
 - NiceRF LoRa1276
- La conexión de estos módulos se realiza directo a la Raspberry utilizando los pines de alimentación:
 - +3V DC (17)
 - GND (25)
- Y para la señalización o conexión de los datos se utilizan los pines SPI:
 - SPI MOSI (19)
 - SPI MISO (21)
 - SPI CLK (23)
 - SPI CE0 N (24)
 - SPI CE1 N (26)

El uso de estos pines en ocasiones puede variar dependiendo del modelo que se escoja. En este caso se sugieren los módulos Libellum LoRa o el Modtronix inAir9 por facilidad de conexión. en este caso en ambos módulos emplea el pin CE1 N.

8.1.1.3. Servidor

El servidor local será un computador convencional que estará ubicado dentro de la finca, este puede monitorear y gestionar la red ya que estará directamente conectado al Gateway. También recibirá y almacenará los datos que se generen en las motas.

La funcionalidad de este ordenador será múltiple ya que en caso de ser el único en la finca también será parte de otros procesos que hacen parte de la hoja de ruta de transformación digital como la administración y registro de los datos internos de la finca, datos de producción y manejo de personal entre otros.

Es importante tener en cuenta que el servidor posteriormente se podrá migrar a la nube permitiendo que la red implementada se pueda monitorear y gestionar desde cualquier lugar con acceso a internet.

8.1.2. Modelo de red

La red propuesta conformada por los elementos descritos en los apartados anteriores se distribuirá en una topología de estrella en la que en la red de sensores el nodo central será el Gateway y el punto de control directo será el servidor local y/o el servidor cloud. La cantidad de nodos necesarios para cada red depende de la extensión e instalaciones de cada finca. en el caso de los sensores de cultivo serán necesarios 2 por hectárea como se mencionó antes y en el caso de los sensores de beneficiado se recomienda al menos un sensor por tanque de beneficiado.

Como ya se estableció anteriormente el protocolo de comunicación de la red será LoRa WAN ya que es un protocolo que ha tenido gran acogida en redes IoT y redes WSN por sus prestaciones y tipo de comunicación que permite una conexión de largo alcance y proporciona una buena resiliencia ante obstáculos en la línea de vista e interferencias, además del claro hecho que al funcionar sobre la banda ISM su uso no generará un costo legal de implementación sin sacrificar la seguridad, confidencialidad y disponibilidad del enlace. Otro aspecto positivo de LoRa WAN es su fácil escalabilidad de datos a la nube gracias a su compatibilidad con el protocolo TCP/IP. se propone un modelo de trabajo integrado entre clase A y clase B ya que es este el que permite menor consumo de energía durante la comunicación y este es uno de los requerimientos principales para prolongar la vida útil de los módulos.

Como modelo de comunicación se propone el modelo pub/sub o el rRPC ya que se considera que estos dos son los modelos de menor consumo de recursos dado su tipo de funcionamiento. De este modo, se recomiendan los protocolos WAMP o MQTT que tienen la posibilidad de escoger cuál de los dos modelos usar, son de acceso libre y son de los más usados en este tipo de soluciones.

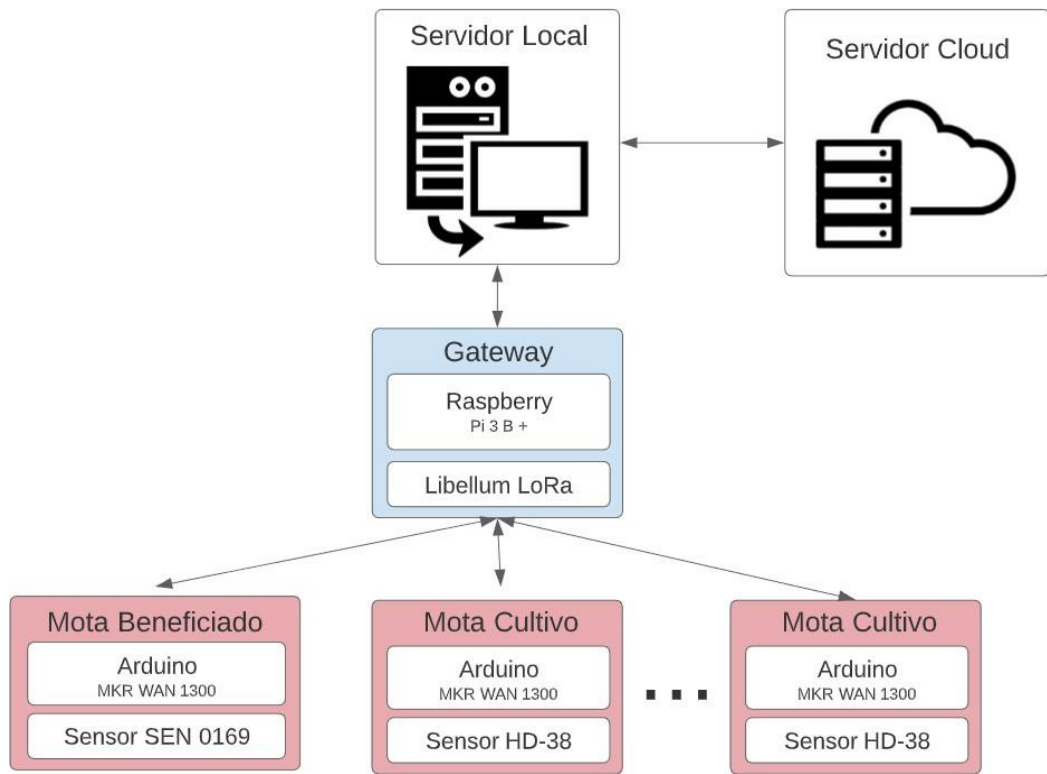


Ilustración 30: Diagrama de bloque de la red WSN propuesta. Fuente: Autores.

CONCLUSIONES

En conclusión, para la fase inicial del desarrollo, con la identificación de las características y especificaciones de las fincas cafeteras objetivo, se determina que se encuentran en un nivel completamente análogo y se estima que tienen una capacidad de mejora hasta un nivel intermedio digital.

Se concluye que en la fase inicial para la alineación tecnológica y la implementación de la red WSN, no es estrictamente necesaria una conexión a internet, ya que la digitalización inicial de los documentos y el despliegue sensorial planteado no dependen de una conexión para su funcionamiento. Sin embargo, si es indispensable contar con un equipo de cómputo central que sirva como servidor de la red y almacenamiento de los datos digitalizados.

La red WSN cuenta con el potencial suficiente para ser el punto de partida a una solución más especializada de Green IoT, que les permita a las fincas estar a la vanguardia de nuevas tecnologías y soluciones de agricultura de precisión.

Se determino que en ambas zonas ya existe un despliegue de infraestructura de diferentes ISP para la conectividad a internet. La finca Guayacondo ya cuenta con un radioenlace establecido punto a multipunto por microondas contratado con uno de los ISP locales; mientras que para la finca Buenavista se identificaron los 3 ISP locales con mejores ofertas.

Se logra identificar que, en las fincas objetivo, no es necesario lograr un nivel de transformación digital líder o avanzado digital, ya que los modelos de negocio y producción, no se enfocan en un producto digital sino más bien en un producto alimenticio de alta demanda.

Con la aplicación, el desarrollo de la hoja de ruta y el plan de e-commerce, se proyecta una mejora considerable en todo aspecto de la cadena de valor, a nivel estructural, las fincas cafeteras estarán a la vanguardia en su mercado, con la capacidad de seguir mejorando y adaptar nuevos modelos.

Debido a que los procesos agronómicos son mayormente de trabajo físico el desarrollo y la aplicación más grande de la hoja de ruta se enfoca en la parte de comercialización. gracias al gran crecimiento que ha tenido el mercado electrónico se facilita de manera considerable encontrar focos de mercado diferentes, adicionalmente el material publicitario que se desarrolle, podrá ser usado en varios

focos al mismo tiempo, lo que significa un ahorro considerable de recursos de las fincas.

RECOMENDACIONES

Para la ejecución del proyecto en general y de cada meta específica es importante tener claro el propósito y los KPIs (Indicadores de rendimiento) de evaluación para poder tener una visión realista del desempeño.

Se recomienda desde el inicio del proyecto y posterior a este, destinar un porcentaje de las utilidades para seguir aplicando y desarrollando nuevas metas con el objetivo de mantener una alineación tecnológica actualizada tanto en tecnologías internas como en mercados digitales.

Se recomienda hacer una planeación detallada de acuerdo al entorno y los riesgos locales previo a la ejecución de cada etapa. Adicionalmente, es necesario que se busquen continuamente los vacíos de conocimiento con el fin de buscar un área de conocimiento para fomentar el aprendizaje interno o buscar la contratación de personal apto para el desarrollo del objetivo así con esto atenuar los riesgos por mala ejecución

Es oportuno tener en cuenta que, de no contar con un departamento de TI, implementarlo, ya que de este pueden partir las soluciones, propuestas y análisis necesarios para mantener el estado de madurez digital en desarrollo constante, de requerir aumentar el nivel de madurez digital ha avanzado digital, estructurar nuevamente el plan de transformación digital, generando un nuevo diagnóstico y una nueva hoja de ruta, ya que las tecnologías del mercado digital varían año con año.

Para el desarrollo del plan de e-commerce, se recomienda utilizar las herramientas gratuitas antes de desarrollar una plataforma de pago, ya que estas prestan una utilidad similar a la plataforma propia, pero así mismo acarrea gastos adicionales y dificulta el alcance ya que, las plataformas gratuitas ya cuentan con un posicionamiento asertivo en la sociedad, mientras que entablar inicialmente una plataforma propia de cada finca, supondría un retraso en crecimiento y un aumento de capital para su posicionamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Dholu, M., & Ghodinde, K. A. (May 2018). Internet of things (IoT) for precision agriculture application.
- [2]. Dolci, R. (Jul 2017). IoT solutions for precision farming and food manufacturing: Artificial intelligence applications in digital food
- [3]. Faradillah, Y., Saany, S. I. A., & El-Ebiary, Y. A. B. (Nov 2019). E-marketing and challenges among Indonesian coffee farmers.
- [4]. Kaewboonma, N., Chansanam, W., & Buranarach, M. (2020). Ontology-based big data analysis for orchid smart farming
- [5]. Man, L. /., & Committee, S. (2012). Wireless regional area networks (WRAN)-specific requirements part 22.2: Installation and deployment of IEEE 802.22™
- [6]. Martins, G. D., Galo, Maria de Lourdes Bueno Trindade, & Vieira, B. S. (2017). Detecting and mapping root-knot nematode infection in coffee crop using remote sensing measurements.
- [7]. Plan nacional de conectividad rural-2020, minTIC
- [8]. Rutayisire, J., Markon, S., & Raymond, N. (May 2017). IoT based coffee quality monitoring and processing system in Rwanda.
- [9]. Saad, M., & Shahid, M. (2018). The internet of things architecture, feasible applications and fundamental challenges.
- [10]. Saqib, M., Almohamad, T. A., & Mehmood, R. M. (2020). A low-cost information monitoring system for smart farming applications. *Sensors* (Basel, Switzerland).
- [11]. Sharma, P. K., Kumar, N., & Park, J. H. (2020). Blockchain technology toward green IoT: Opportunities and challenges.
- [12]. M. Saqib, T. A. Almohamad, and R. M. Mehmood, "A Low-Cost Information Monitoring
- [13]. System for Smart Farming Applications," vol. 20, no. 8, p. 2367, Apr. 2020, doi: 10.3390/s20082367.
- [14]. Comité Departamental de Cafeteros del Huila, 2018.
- [15]. J. Rutayisire, S. Markon, and N. Raymond, "IoT based Coffee quality monitoring and processing system in Rwanda," May 2017, pp. 1209–1212, doi: 10.1109/ICASI.2017.7988106.
- [16]. Y. Faradillah, S. I. A. Saany, and Y. A. B. El-Ebiary, "E-Marketing and Challenges among
- [17]. Indonesian Coffee Farmers," Nov. 2019, pp. 1–5, doi: 10.1109/ICoSNIKOM48755.2019.9111638.
- [18]. V. Sánchez-Castillo, Y. Avendaño-Pizo, A. Gaviria-Astudillo, and C. Gómez, "Cambio climático y café (*Coffea arábica*) en Acevedo, Huila: una lectura desde sus cultivadores," vol. 12, no. 2, pp.
- [19]. 54–63, May 2018, doi: 10.33304/revinv.v12n2-2018006.

- [20]. M. Saad and M. Shahid, "The Internet of Things Architecture, Feasible Applications and Fundamental challenges," vol. 179, no. 39, pp. 52–55, May 2018, doi: 10.5120/ijca2018916842.
- [21]. Mintic, PLAN NACIONAL DE CONECTIVIDAD RURAL, 2019.
- [22]. Certicámara, virtualización y seguridad de la información vol.5, 2020.

WEBGRAFÍA

- [1]. ISPA (2019). *Definición agricultura de precisión*. Recuperado de: <https://www.ispag.org/about/definition>
- [2]. RCTA(2015), *Evapotranspiración y coeficientes de cultivo para el café en la provincia de Pinar del Río*. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542015000200004
- [3]. SAC (2019). *TIC para el agro*. Recuperado de: <https://sac.org.co/tic-para-el-agro/>
- [4]. FAO (2016). *Cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria*. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i6030s.pdf>
- [5]. Susana Gómez Posada (Enero, 2019). *La economía del café*. Recuperado de: <https://quecafe.info/la-economia-del-cafe-quien-se-esta-quedando-el-dinero/>
- [6]. Procolombia (2020). *Comercio electrónico, una necesidad para los exportadores colombianos*. Recuperado de: <https://procolombia.co/noticias/comercio-electronico-una-necesidad-para-los-exportadores-colombianos>
- [7]. Dimira Teneva (2019). *Best practices when selling coffee online*. Recuperado de: i. <https://www.metrilo.com/blog/best-practices-selling-coffee-online>
- [8]. M.A. Matin and M.M. Islam (2012). *Overview of Wireless Sensor Network*. Recuperado de: <https://www.intechopen.com/books/wireless-sensor-networks-technology-and-protocols/overview-of-wireless-sensor-network>
- [9]. Tokio School (2020). *Detalles de la escalabilidad de redes*. Recuperado de: <https://www.tokioschool.com/noticias/detalles-escalabilidad-en-redes/#:~:text=La%20escalabilidad%20es%20la%20propiedad,calidad%20en%20los%20servicios%20ofrecidos>.
- [10]. Miguel Angel Manrique Latorre¹, Leidy Marcela Buitrago Márquez, Jairo Hernández- Gutiérrez (2019). *Redes LoRaWAN. Revisión de componentes funcionales en aplicaciones IoT*. Recuperado de: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/22411/LeidyMarcelaBuitragoMarquez2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [11]. DG IONOS (2020). *Remote Procedure Call: comunicación en sistemas cliente- servidor*. Recuperado de: <https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/que-es-rpc/#:~:text=La%20RPC%20o%20Remote%20Procedure,redes%20y%20arquitecturas%20cliente-servidor>.

- [12]. IBM Cloud Education (2019). *Message Queues*. Recuperado de: https://www.ibm.com/cloud/learn/message-queues?mhsrc=ibmsearch_a&mhq=message%20service
- [13]. Karen Dayana Rodríguez Vargas (2018). *Evolución de la producción cafetera y su contribución a la competitividad en el periodo 2010-2017*. Recuperado de: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15982/1/TESISFINALa.pdf>
- [14]. Federación de cafeteros (2018). *Guía ambiental para el sector cafetero*. Recuperado de: <https://federaciondecafeteros.org/static/files/8Capitulo6.pdf>
- [15]. Mariana Ramos (2020). *Definición, modelos y ventajas del eCommerce*. Recuperado de: <https://marketing4ecommerce.mx/que-es-el-ecommerce/>
- [16]. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2010). *Quiénes somos*. Recuperado: http://www.federaciondecafeteros.org/particulares/es/quienes_somos/
- [17]. Power Data (2019). *Transformación digital. Qué es y su importancia y relación con los datos*. Recuperado de: <https://www.powerdata.es/transformacion-digital#:~:text=Como%20primera%20definición%20podríamos%20decir, oportunidad des%20de%20generación%20de%20ingresos>.
- [18]. Camilo Traslaviña (2019). *Colombia: Así va el negocio de las tiendas de café en el país*. Recuperado de: <https://www.america-retail.com/colombia/colombia-asi-va-el-negocio-de-las-tiendas-de-cafe-en-el-pais/>
- [19]. BM Marketing digital (2029). *Plan eCommerce*. Recuperado de: <https://marketingdigital.blog/marketing-digital/plan-de-e-commerce/>
- [20]. Special coffee shop (2018). *Historia del café*. <https://specialcoffeeshop.com/historia-del-cafe-colombia/>