

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD**  
**CATÓLICA**  
DEL PERÚ

**DISEÑO DE LA RED INTERNA DE DATOS DE UN CENTRO  
ACUÍCOLA EN LA REGIÓN DE MADRE DE DIOS**

Tesis para optar por el título de **INGENIERO ELECTRÓNICO**, que presenta el bachiller:

**Sergio Luis Lizárraga Lizárraga**

ASESOR: Ing. Angelo Velarde Criado

Lima, Enero del 2015

## Resumen

El presente documento describe las características y procesos del Centro Acuícola La Cachuela, ubicado en Puerto Maldonado y las necesidades de comunicación dentro del mismo. Además, basado en esas necesidades, propone un diseño para una red interna de comunicaciones, detallando los detalles a considerar para la implementación.

En el capítulo 1 de la presente tesis, se analiza el proceso de producción de alevines en el Centro Acuícola La Cachuela y se observa de manera general los requerimientos de comunicación y almacenamiento de datos. En el capítulo 2 se revisan algunas las tecnologías usadas a la comunicación en zonas rurales y que podrían tener aplicación en el caso particular de La Cachuela. En el capítulo 3 se exponen los objetivos generales y específicos del diseño; y en el capítulo 4 detallan las características del diseño propuesto y se muestran las simulaciones realizadas.



FACULTAD DE  
CIENCIAS E  
INGENIERÍA



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO

Título : Diseño de la red interna de datos de un centro acuícola en la región de Madre de Dios

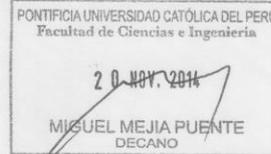
Área : Telecomunicaciones \* 1260

Asesor : Ing. Angelo Velarde

Alumno : Sergio Luis Lizárraga Lizárraga

Código : 20000241

Fecha : 9 de octubre del 2014



**Descripción y Objetivos**

La acuicultura, actividad que consiste en la crianza de peces en un ambiente controlado; es una actividad que va aumentando en los últimos años como una alternativa a la pesca artesanal. La acuicultura ofrece ventajas respecto al método tradicional ya que permite el control y la planificación de la producción; y es menos sensible a factores externos, como los atmosféricos y de contaminación.

En el Perú la actividad está en crecimiento; sin embargo, las condiciones de crianza y monitoreo no están tecnificadas. Uno de los pilares tecnológicos para sostener más servicios de tecnología es la comunicación, la cual debe ser confiable, escalable y mantener la máxima disponibilidad posible.

La presente tesis propone el diseño de la red interna de un centro acuícola en la región Madre de Dios. Para ello, se tomarán en cuenta las condiciones particulares del centro; como los factores del proceso, los atmosféricos, los estacionales, etc.

Los objetivos de la tesis son los siguientes:

- Exponer que variables son monitoreadas en el Centro Acuícola y como éste proceso puede soportarse sobre la red propuesta.
- Determinar las condiciones que delimitan los requerimientos de diseño.
- Determinar los requerimientos mínimos de diseño que requieren los equipos de comunicaciones respecto de las condiciones de capacidad de procesamiento, throughput, ancho de banda, potencia radioeléctrica, ángulos y patrones de radiación, número de interfases, consumo de energía y manejo de protocolos o tecnologías.
- Detallar las condiciones eléctricas necesarias para soportar a los equipos propuestos.
- Detallar las condiciones de cableado, y ubicación física que requieren los equipos propuestos.
- Determinar los requerimientos de intensidad de señal para tener cobertura y la velocidad de transmisión suficiente en el centro acuícola.
- Realizar listados y tablas comparativas de los equipos posibles.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

M. Sc. Ing. MIGUEL ANGEL CATANO SÁNCHEZ  
Coordinador de la Especialidad de Ingeniería Electrónica

MÁXIMO 50 PÁGINAS

FACULTAD DE  
CIENCIAS E  
INGENIERÍA



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO

**Título** : Diseño de la red interna de datos de un centro acuícola en la región de Madre de Dios

Índice

Introducción

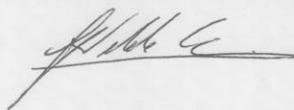
1. Problemática
2. Alternativas tecnológicas
3. Selección de la solución
4. Diseño y pruebas

Conclusiones

Recomendaciones

Bibliografía

Anexos



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

M. Sc. Ing. MIGUEL ANGEL CATAÑO SÁNCHEZ  
Coordinador de la Especialidad de Ingeniería Electrónica



MÁXIMO 50 PÁGINAS

## ÍNDICE

Índice de figuras.....	VII
Índice de tablas.....	VIII
Índice de anexos.....	IX
Introducción.....	X
1.0 Problemática.....	pg 1
1.1 Descripción del Centro Acuícola La Cachuela.....	pg 1
1.2 Producción y distribución .....	pg 4
1.3 El proceso y sus condiciones.....	pg 5
2.0 Alternativas tecnológicas.....	pg 8
2.1 Estado del arte.....	pg 8
2.1.1 Personal Area Networks .....	pg 8
2.1.2 Local Area Networks (LAN).....	pg 9
2.1.2.1 Ethernet.....	pg 9
2.1.2.2 WLAN.....	pg 11
2.1.3 Wide Area Network (WAN).....	pg 12
2.1.3.1 Microondas.....	pg 12
2.1.3.1.1 Comunicación vía microondas.....	pg 13
2.1.3.1.2 Ventajas de los radioenlaces comparados con los sistemas cableados.....	pg 13
2.1.3.1.3 Desventajas de los radioenlaces microondas comparados con los sistemas cableados.....	pg 13
2.1.3.1.4 Problemas de propagación.....	pg 13
2.1.3.2 Fibra óptica.....	pg 14
2.1.3.3 3G.....	pg 15
2.1.3.4 4G.....	pg 15
2.1.4 Síntesis estado del arte – redes PAN , LAN y WAN .....	pg 16
2.1.5 Descripción de equipos de red .....	pg 17
2.2 Modelo teórico.....	pg 20
3.0 Selección de la solución .....	pg 21
3.1 Objetivos generales .....	pg 21
3.2 Objetivos específicos .....	pg 21
3.3 Condiciones del proceso.....	pg 21
3.4 Condiciones de energía, seguridad y comunicaciones .....	pg 24
3.5 Requerimientos de equipos de red.....	pg 25
3.6 Usuarios en el Centro Acuícola.....	pg 26
3.7 Requerimientos técnicos sugeridos de los equipos .....	pg 26
3.7.1 Switch.....	pg 26
3.7.2 Firewall.....	pg 27
3.7.3 Access Point.....	pg 28
3.7.4 Switch.....	pg 28
3.7.5 UPS.....	pg 28
3.8 Diseño de condiciones eléctricas.....	pg 28
3.9 Requerimientos de red.....	pg 28
3.9.1 Requerimientos para cobertura Wireless.....	pg 29
3.10 Equipos de red evaluados.....	pg 39
3.11 Requerimientos de servicio de Internet.....	pg 31
3.12 Requerimientos de servicio de mantenimiento.....	pg 31
4.0 Diseño y pruebas .....	pg 32
4.1 Elección de equipos y materiales.....	pg 32

4.1.1	Switch elegido.....	pg 32
4.1.2	Firewall elegido.....	pg 32
4.1.3	Access Points elegidos.....	pg 32
4.1.4	Antenas elegidas.....	pg 33
4.1.5	UPS elegido.....	pg 33
4.1.6	Cableado.....	pg 34
4.1.7	Gabinete.....	pg 34
4.1.8	Pozo a tierra.....	pg 35
4.1.9	Pararrayos.....	pg 35
4.2	Equipos seleccionados.....	pg 35
4.3	Direccionamiento y diagramas de la solución.....	pg 35
4.3.1	Direccionamiento IP propuesto.....	pg 35
4.3.2	Diagrama lógico.....	pg 35
4.3.3	Diagrama físico.....	pg 36
4.4	Simulación.....	pg 37
4.5	Ubicación física de los equipos.....	pg 38
4.6	Condiciones eléctricas.....	pg 39
4.7	Selección de servicios.....	pg 39
4.8	Redundancia.....	pg 40
4.9	Crecimiento y escalabilidad.....	pg 40
4.10	Análisis económico.....	pg 40
4.11	Beneficios del proceso.....	pg 43
	Conclusiones .....	pg 45
	Recomendaciones .....	pg 46
	Bibliografía .....	pg 47

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Área techada (laboratorio y oficinas) .....	2
Figura 2: Mapa de “La Cachuela” .....	3
Figura 3: Mapa del eje este .....	5
Figura 4: Mapa del eje norte .....	5
Figura 5: Estanques de alevinaje .....	6
Figura 6: Cabeceras de protocolos de capa 2, 3 y 4 .....	24
Figura 7: Caja Nema .....	33
Figura 8: Autonomía vs carga (Back-UPS 500) .....	35
Figura 9: Diagrama lógico de la solución .....	36
Figura 10: Diagrama físico de la solución .....	37
Figura 11: Red simulada .....	38
Figura 12: Disposición de los equipos en el gabinete .....	39
Figura 13: Distribución porcentual de costos de implementación .....	44

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Distribución de estanques según su función.....	4
Tabla 2: Características de estándares Ethernet.....	11
Tabla 3: Tabla comparativa de tecnologías de comunicación.....	17
Tabla 4: Condiciones requeridas por estado.....	22
Tabla 5: Condiciones de medición de variables.....	23
Tabla 6: Uso de bits y bytes de las variables.....	23
Tabla 7: Tabla comparativa de switches.....	32
Tabla 8: Tabla comparativa de firewalls.....	32
Tabla 9: Tabla comparativa de Access Points.....	32
Tabla 10: Características de las antenas elegidas.....	33
Tabla 11: Comparación entre UPS.....	34
Tabla 12: Listado de equipos seleccionados.....	35
Tabla 13: Distribución de puertos en el switch.....	36
Tabla 14: Equipos de red simulados.....	37
Tabla 15: Uso de capacidades .....	40
Tabla 16: Costo de equipos de red y UPS.....	41
Tabla 17: Costo de materiales de cableado de red.....	41
Tabla 18: Costo de materiales eléctricos .....	42
Tabla 19: Costo de servicios adicionales.....	42
Tabla 20: Costo de mano de obra.....	42
Tabla 21: Costos de implementación.....	42
Tabla 22: Costo de energía eléctrica.....	43
Tabla 23: Costos mensuales .....	43

## ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1: Cableado de datos
- Anexo 2: Cobertura inalámbrica
- Anexo 3: Pozo a tierra
- Anexo 4: Pararrayos
- Anexo 5: Resultados de la simulación
- Anexo 6: Direccionamiento IP propuesto
- Anexo 7: Condiciones eléctricas
- Anexo 8: Configuración de Access Point
- Anexo 9: Cisco whitepaper: Antenna Patterns and Their Meaning
- Anexo 10: Hoja de datos Cisco ASA 5500
- Anexo 11: Hoja de datos Juniper EX2200
- Anexo 12: Hoja de datos Cisco 1530

## Introducción

La acuicultura, actividad que consiste en la crianza de peces en un ambiente controlado; es una actividad que va aumentando en los últimos años como una alternativa a la pesca artesanal. La acuicultura ofrece ventajas respecto al método tradicional ya que permite el control y la planificación de la producción; y es menos sensible a factores externos, como los atmosféricos y de contaminación.

En el Perú la actividad está en crecimiento; sin embargo, las condiciones de crianza y monitoreo no están tecnificadas. Uno de los pilares tecnológicos para sostener más servicios de tecnología es la comunicación, la cual debe ser confiable, escalable y mantener la máxima disponibilidad posible.

Estos centros y grupos de productores cuentan con el apoyo del estado, quien a través de FONDEPES, les ayuda en acceso a información técnica y capacitaciones. Además, de mantener información centralizada sobre las condiciones de cada centro y las necesidades que conjuntas y particulares de los mismos.



## 1. PROBLEMÁTICA

### 1.1. Descripción del Centro Acuícola La Cachuela

En el mundo, la demanda por alimentos es cada vez mayor; debido a ésta creciente demanda y apoyado en los acuerdos de comercios internacionales; es creciente también la necesidad de producción de pescado, ya sea a través de la pesca tradicional o a la crianza en centros acuícolas. Actualmente un gran porcentaje del pescado consumido en el mundo proviene de la acuicultura. Esta actividad, soportada por la tecnología, puede perfeccionarse hasta convertirse en altamente productiva y eficiente.

Particularmente en el Perú, el estado fomenta ésta actividad cubriendo parte de las necesidades de los productores. Sin embargo, son éstos últimos quienes contactan a los proveedores; ya sea de semillas, o instrumentos de medición; en ocasiones el servicio de consultoría a profesionales en el tema. Los avances en técnica y procesos realizados en otros países (ejm. España, Colombia) son adecuados en los centros acuícolas del Perú. La mayor parte del mercado objetivo de los productores son consumidores dentro de la amazonía peruana, en ocasiones se realizan ventas a países limítrofes y accesibles vía fluvial, como son los casos de Brasil, Colombia o Bolivia.

Los centros acuícolas trabajan en conjunto con organismos reguladores estatales como FONDEPES, el Ministerio de Salud y el Vice Ministerio de Pesquería; quienes aportan en diferentes aspectos del proceso.

En el caso de particular de los centros acuícolas en la localidad de Puerto Maldonado la tecnología es aun artesanal y no muy desarrollada, no existe una gran cantidad de técnicos y profesionales conocedores del tema. Gran parte del aprendizaje se realiza por ensayo y error.

El centro acuícola “La Cachuela” se dedica a la producción de alevines, es decir de crías de peces con pocas semanas de desarrollo que son vendidos a productores de peces, dedicados al crecimiento y engorde de los alevines. Este centro se encuentra a aproximadamente 4.5 km al norte de la ciudad de Puerto Maldonado, en el departamento de Madre de Dios, en la selva del Perú; en los 12° 33' 18" de latitud sur y 69° 11' 12" de longitud oeste. Se llega a través de la carretera que va hacia el norte, desde Puerto Maldonado.

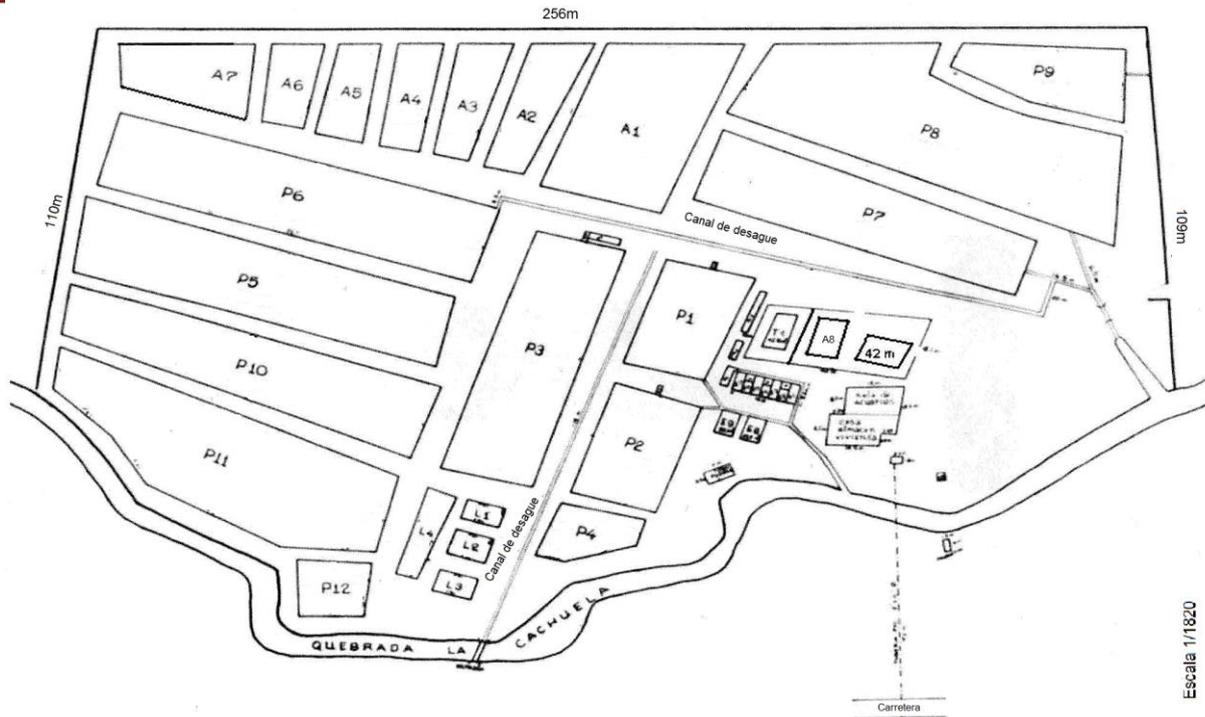
“La Cachuela” limita por el norte con el bosque denso, donde se encuentran árboles de aproximadamente 20 metros de altura; por el sur con la carretera, por el este con un terreno cercado de propiedad privada y por el oeste con la quebrada y la correspondiente montaña.

En esa zona las estaciones climáticas durante el año se dividen en 2 épocas: la época de lluvia, desde octubre hasta marzo, siendo más intensa desde diciembre a marzo; y la época de sequía, desde abril hasta setiembre, siendo más intensa desde julio a setiembre. Durante la crecida de los ríos en la época de lluvia no hay mucha pesca, por ende los precios de los peces aumentan y es el tiempo propicio de los acuicultores para vender su producción. La época de sequía se caracteriza por temperaturas más bajas, vientos fuertes y mucha presencia de polvo; el precio de los peces es bajo en esa época y no hay venta de peces por parte de los acuicultores.

En “La Cachuela” hay 24 estanques, todos ellos cavados en la tierra y de aproximadamente 1.5 metros de profundidad, 8 de ellos dedicados a alevinaje, es decir alevines listos para la venta (denotados en el mapa con “A”), 12 dedicados a los reproductores, engorde o alevines juveniles (denotados con “P”) y 4 más para pruebas (denotados con la letra “L”); además de un área techada donde se encuentran las oficinas, el laboratorio y la cocina. El terreno tiene un área aproximada de 4.7 hectáreas. La **Figura 1** muestra el laboratorio y las oficinas del Centro, la **Figura 2** muestra el mapa del Centro,



**Figura 1:** Área techada (laboratorio y oficinas)



**Figura 2:** Mapa de “La Cachuela”

El siguiente cuadro muestra la distribución de la mayoría de los estanques según su función:

Nº	Estanque	Estadio	Dimensiones (m2)
1	P – 1	Reproductores	668.0
2	P – 2	Reproductores	704.0
3	P – 3	Engorde	1638.06
4	P – 4	Reproductores	260.0
5	P – 5	Engorde	2006.9
6	P – 6	Reproductores	2153.4
7	P – 7	Reproductores	1606.7
8	P – 8	Juveniles	3375.5
9	P – 9	Juveniles	619.9
10	P – 10	Engorde	1711.1
11	P – 11	Engorde	1606.3
12	P - 12	Engorde	273.0
12	A – 1	Alevinaje	1605.5
13	A – 2	Alevinaje	513.2
14	A – 3	Alevinaje	395.0
15	A – 4	Alevinaje	334.9
16	A – 5	Alevinaje	308.3
17	A – 6	Alevinaje	283.1

18	A – 7	Alevinaje	439.0
19	A – 8	Alevinaje	114.0
20	L – 1	Pruebas	-
21	L – 2	Pruebas	-
22	L – 3	Pruebas	-
23	L - 4	Pruebas	-

**Tabla 1:** Distribución de estanques según su función

## 1.2. Producción y distribución

La producción aproximada de alevines en el centro es de 500 000 anuales, el 60% es pacotama, pez mezcla de paco y gamitana, (300 000 alevines) y el restante 40% es de gamitana (200 000 alevinos). Se planea ampliar la producción con peces ornamentales como la doncella, el tigre, el zúngaro o el dorado.

La venta de alevines a los productores de peces se realiza en los primeros meses del año y sólo una vez por año. Los productores visitan personalmente “La Cachuela” para escoger a los alevines, los cuales son vendidos en bolsas de aproximadamente 6 L con una concentración que varía entre 50 y 150 alevines por bolsa (según tamaño).

Los productores transportan en sus camionetas los alevines hacia los respectivos centros de engorde. La venta de los productores hacia los consumidores puede realizarse más de una vez al año, según el manejo de los productores y cuán rápido lleguen los peces al tamaño comercial.

La venta se realiza a productores del eje este Puerto Maldonado – Iñabari y el eje norte Puerto Maldonado – Iñapari, en el primero se concentran aproximadamente 40 productores y en el segundo aproximadamente 60 productores. En la **Figura 3** y **Figura 4** se puede observar la red vial cercana a Puerto Maldonado, tanto el eje este como el eje norte.

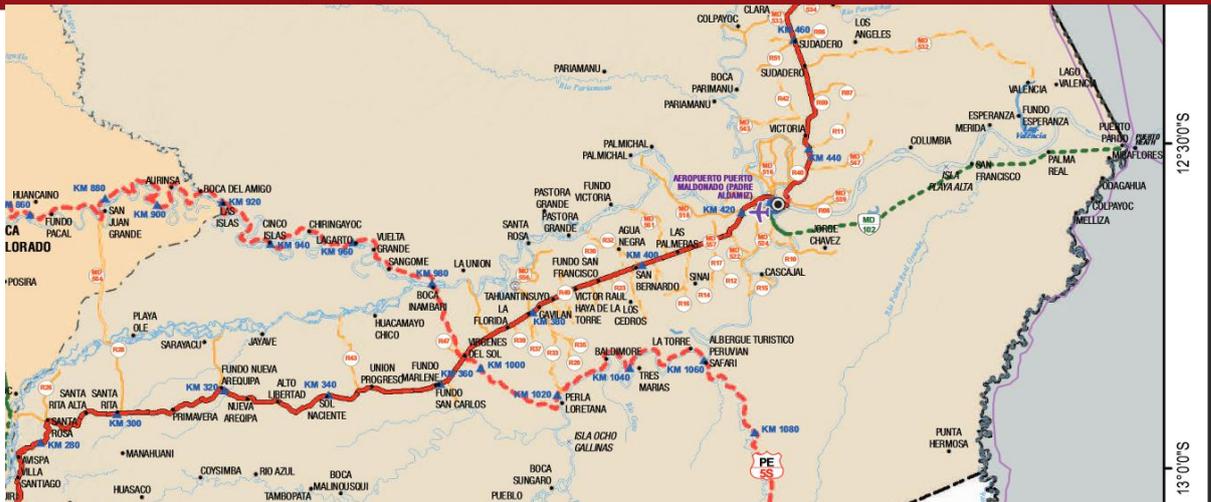


Figura 3: Mapa del eje este

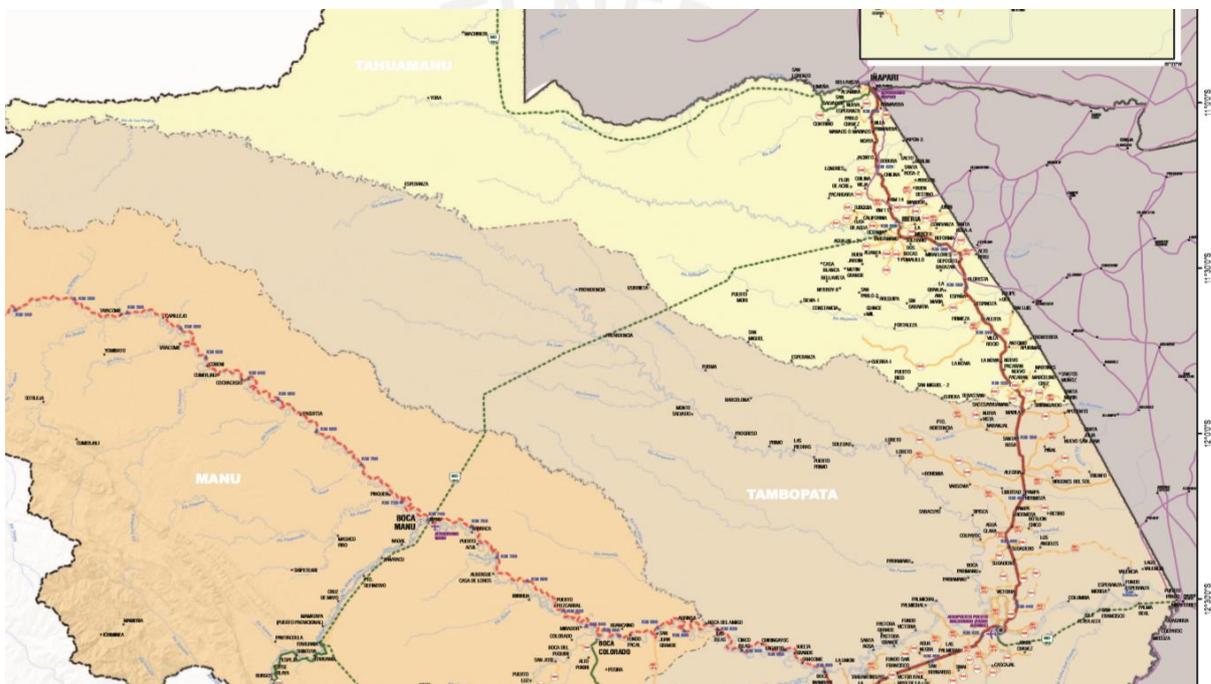


Figura 4: Mapa del eje norte

### 1.3. El proceso y sus condiciones

El proceso llevado a cabo en el Centro es el de producir alevines en las mejores condiciones y de la mejor calidad para que sean vendidos a los productores. Este proceso comienza en los estanques de los reproductores de donde se toma la pareja que será usada, se observa especialmente que sean peces saludables (grandes, abdomen blando, color verde oliva). La pareja es llevada al laboratorio, se les aplica una primera dosis de hormonas para favorecer la reproducción y se les coloca en los tanques de tratamiento donde permanecerán por 30 horas aproximadamente, la segunda dosis de hormonas será 14 horas después.

Pasado el tiempo de 30 horas se extrae de los reproductores los óvulos y el esperma, los cuales son mezclados e hidratados artificialmente sobre una mesa en condiciones de poca luz, se obtienen así los huevos.

Los huevos son colocados en incubadoras de 60 o 200 litros donde estarán por aproximadamente 17 horas mientras se espera que nazcan los peces, el flujo de agua en ese estadio es de 5 litros por minuto. Cuando éstos nacen se llevan a las artesas, éstas están hechas de madera y tienen unas dimensiones de 410 x 20 x 94 cms, ahí se tendrá un flujo de agua de 2 litros por minuto.

Luego de 6 días en las artesas los pequeños peces llegarán a una medida de 7 u 8 mm, a partir de ahí ya comen por sí mismos y pueden pasar a los estanques de alevinaje; después de estar entre 20 y 25 días ahí, los peces medirán cerca de 2cms y ya estarán listos para distribución. La **Figura 5** muestra un estanque de alevinaje.



**Figura 5:** Estanques de alevinaje

La crianza artificial de peces constituye una alternativa, en progreso, para suplir la escasez de pescado a causa de la estacionalidad derivada de las fluctuaciones del nivel del mar.

En el proceso de reproducción y cría de peces necesita monitorear muchos datos sobre las pozas y sus alrededores. Esta información se divide en tres tipos:

- Condiciones climáticas
- Condiciones del agua
- Condiciones de alimentación

El centro “La Cachuela”, es manejado por cinco personas: un jefe (profesional), su asistente (profesional), dos operarios y un guardián. En este centro se producen alevines de las especies: paco, gamitana, boquichico (similar a la lisa) y carpa (exportado hacia Europa y Asia).

Estas especies amazónicas cultivables se desarrollan en diferentes sistemas de producción desde la siembra en represas de manera extensiva, pasando por prácticas semi-intensivas con manejos de tecnología y alimentos concentrados hasta sistemas intensivos en jaulas flotantes. En el centro se producen alrededor de 100 000 alevines por año y cuenta con un área de 5 hectáreas donde hay 3 estanques.

Se distinguen 2 épocas claramente marcadas en el negocio de la acuicultura: la época de vaciante es de mayo a octubre, con pocas lluvias; la época de creciente que es de noviembre a abril, tiene lluvias, se venden los peces. Los peces se reproducen sólo en una temporada que va desde noviembre hasta febrero.

Luego de la reproducción los huevos son colocados en incubadoras cilindro-cónicas.

La larva se obtiene de tales incubadoras y ésta va hacia tanques pequeños (1er estadio); nacen con una pequeña bolsa donde llevan lo necesario para crecer un poco, cuando ya tienen boca se suelta la pequeña bolsa y se vuelven alevines, en pesos de entre 5 a 10 gramos.

Para el cultivo de los alevines (semillas) se usan estanques de entre 350 a 800 m<sup>2</sup>, por un tiempo de cultivo de aproximadamente 60 días. Los alevines se alimentan con alimento balanceado con una concentración de 30% de proteína y con un suministro del 10% al 15% de su biomasa, de 8 a 10 veces diarias.

Se obtienen buenos resultados con un cambio frecuente de agua, sin embargo este no debe ser muy voluminoso, porque se corre el riesgo de perder todo el caldo de cultivo que sirve de alimento para los alevines, el recambio nunca debe ser mayor del 20 % de agua, en forma semanal. La mortalidad en esta etapa es la más alta, siendo aceptable una mortalidad promedio del 5% en los 2 meses.

En el centro acuícola La Cachuela sólo se tiene registros limitados sobre las condiciones de las semillas, que toman en cuenta sólo algunas de estas variables y poca información de ellas. La manipulación limitada de éstas variables restringe en la mejora de la producción y eficiencia del centro.

## 2. ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

En el presente capítulo, se explican las principales tecnologías de comunicación utilizadas en zonas rurales. El objetivo es analizar las ventajas, desventajas y campos de acción de las tecnologías que se presentan como una alternativa para cubrir, total o parcialmente, las necesidades de comunicación; particularmente considerando el centro acuícola La Cachuela.

### 2.1. Estado de arte

Las telecomunicaciones ahorran tiempo, aumentan la eficiencia y facilitan la toma de decisiones. En los casos de zonas rurales, esta puede darse para satisfacer necesidades básicas de tipo comunicación de voz, compartir recursos en redes de computadoras o para transmitir información del proceso mismo. Esta información se extrae mediante un sistema de monitoreo; también puede existir la necesidad de hacer conexiones entre dos o más centros acuícolas, o entre proveedores, o ciudades aledañas. En las siguientes páginas se hace referencias a las tecnologías que pueden ser usadas en tales centros. Estas han sido clasificadas según su rango en 3 principales clases:

#### 2.1.1 PAN

Bluetooth

#### 2.1.2 LAN

Ethernet

Wireless LAN

#### 2.1.3 WAN

Microondas

Fibra óptica

3G

4G

#### 2.1.1 Personal Area Networks (PAN)

Las Personal Area Networks (PAN) son redes personales, de muy corta escala de cobertura (menos de 10m) diseñado para conectar dispositivos inalámbricos. El estándar predominante en el mercado a esa escala es el Bluetooth.

**Bluetooth:** trabaja en la banda no licenciada de 2.4GHz. Utiliza la tecnología Frecuency-Hopping Spread Spectrum (FHSS) para minimizar el impacto de la interferencia, alternando entre 79 canales de 1 MHz. Fue diseñado para conectar dispositivos portátiles. Típicamente es usado para conectar audífonos, parlantes, mouse, teclados hacia una laptop o dispositivo móvil. Bluetooth puede operar en modo punto-a-punto o punto-multipunto, en ambos casos un dispositivo toma el rol de maestro y el (los) otro(s) el de esclavo.

### 2.1.2. Local Area Networks (LAN)

Una LAN o red de área local es un grupo de computadoras y dispositivos asociados entre si que comparten una línea de comunicación o un enlace inalámbrico, típicamente compartiendo recursos de un mismo grupo de servidores en una pequeña área geográfica, por ejemplo, en un edificio.

Comúnmente, existen servidores que contienen datos y aplicaciones que son compartidas por múltiples usuarios. Una LAN puede servir tanto a un grupo pequeño de usuarios (dos, o tres usuarios) o a miles de ellos.

Las principales tecnologías de LANs son:

- Ethernet
- Token Ring
- FDDI / CDDI

Hasta hace algunos años, algunas instituciones utilizaban la tecnología Token Ring o FDDI pero fueron reemplazados por Ethernet; actualmente es la tecnología predominante.

#### 2.1.2.1. Ethernet

Ethernet se encuentra especificada en el estándar IEE802.3. Esta fue originalmente desarrollada por la empresa Xerox en base a una especificación previa llamada Alohanet. Las redes Ethernet utilizaban cable coaxial y actualmente utilizan pares de cable trenzado de cobre. En el Perú, sistemas Ethernet de más común instalación aun utilizan el estándar físico 100BASE-TX y proveen velocidades de hasta 100Mbps y 1000BASE-T, con velocidades de hasta 1 Gbps. Los backbone de muchas de las redes LAN actuales son implementadas utilizando 10 Gigabit Ethernet, el cual es la especificación 802.3ae. Ethernet se soporta originalmente sobre cable coaxial, y los posteriores estandar pueden hacerlo sobre fibra óptica y pares de cobre. Los dispositivos conectados se disputan los recursos de la red utilizando el protocolo CSMA/CD (Acceso múltiple con sensado de portadora y

detección de colisiones). Se adjunta una tabla con un resumen de los medios físicos soportados, las distancias máximas y especificaciones:

Tipo	Velocidad (Mbps)	Distancia máxima del segmento (m)	Medio físico
100BASE-TX	100	100	CAT 5 UTP
100BASE-T4	100	100	CAT 3,4,5 UTP
100BASE-FX	100	2000	fibra monomodo o multimodo
1000BASE-T	1000	100	CAT 5 UTP, CAT 6, Cat 6a
1000BASE-LX	1000	550	fibra monomodo o multimodo
1000BASE-SX	1000	220@62.5um 500m@50um	fibra multimodo
1000BASE-CX	1000	25	cobre recubierto
10GBASE-SR	10000	300	fibra multimodo
10GBASE-SW	10000	300	fibra multimodo
10GBASE-LR	10000	10000	fibra monomodo o multimodo
10GBASE-LW	10000	10000	fibra monomodo
10GBASE-ER	10000	40000	fibra monomodo
10GBASE-EW	10000	40000	fibra monomodo
10GBASE-LX4	10000	10000	fibra multimodo
10GBASE-CX4	10000	15	4 pares de cobre twinax
10GBASE-T	10000	100	CAT 6a UTP

**Tabla 2:** Características de estándares Ethernet

### 2.1.2.2 WLAN

Las WLAN (Wireless Local Area Network) son casos particulares de comunicación microonda, no se consideran para enlaces de larga o mediana distancia.

Una WLAN o red de área local inalámbrica es aquella que usa una portadora de radiofrecuencia para transmitir información y es el último eslabón de conexión con el usuario. Es inalámbrico, de tal forma que se puede dar conexión de red a las personas en un espacio físico determinado como un edificio, un campus, etc. Actualmente se emplea el estándar en universidades, aeropuertos, restaurantes, plazas, parques, otros lugares públicos y hogares.

En los primeros años del desarrollo de esta tecnología existían soluciones particulares y específicas para la industria pero a finales de 1990 se crearon estándares que marcarían el camino a seguir. Primero, se popularizaron varias versiones del IEEE 802.11 (Wi-Fi) y Home RF, luego una alternativa similar al ATM en 5 GHz surgió, HIPERLAN pero no llegó a tener mucho éxito. Las posteriores versiones de 802.11 soportan velocidades máximas teóricas de 54 Mbps (802.11a, 802.11g), 600 Mbps (802.11n) y 6.77 Gbps (802.11ac).

En los últimos años, las WLAN se han convertido en una forma importante de comunicación de muchas empresas y usuarios finales; en parte, debido a la ventaja que la implementación toma un tiempo menor que una red cableada pues no se tiene que realizar tendido físico. Además, estos permiten la movilidad de los usuarios y son fácilmente adaptables a cambios en la estructura física de los ambientes.

Entre los principales estándares de WLAN son:

- IEEE 802.11 (1997): El estándar original de WLANs que soporta velocidades entre 1 y 2 Mbps.
- IEEE 802.11a (1999): El estándar de alta velocidad que soporta velocidades de hasta 54 Mbps en la banda de 5 GHz.
- IEEE 802.11b (1999): Soporta velocidades de hasta 11 Mbps en la banda de 2.4 GHz.
- IEEE 802.11g (2003): El estándar trabaja en la banda de 2.4 GHz usando OFDM con una velocidad máxima de 54 Mbps.
- IEEE 802.11n (2009): El estándar trabaja en 2.4 GHz o 5 GHz, con canales de 20 MHz o 40 MHz y tecnología MIMO (multiple-input multiple-output) para lograr velocidades de hasta 600 Mbps.
- IEEE 802.11ac (2013): El estándar trabaja en 5 GHz, con canales 20 MHz, 40 MHz, 80 MHz y hasta 160 MHz y tecnología MIMO de hasta 8 flujos simultáneos y se soporta en la modulación 256-QAM. La velocidad teórica máxima es de 6.77 Gbps.

- HiperLAN2 (2000): Estándar que compite con IEEE 802.11a al soportar velocidades de hasta 54 Mbps en la banda de 5 GHz.
- HomeRF (1998): Estándar que compite con el IEEE 802.11b que soporta velocidades de hasta 10 Mbps en la banda de 2.4 GHz.

El gran éxito de las WLANs es la compatibilidad con un gran número de dispositivos y que utilizan frecuencias de uso libre.

Una desventaja de utilizar este tipo de bandas de frecuencias es que las comunicaciones son propensas a interferencias y errores de transmisión. Estos errores ocasionan que sean reenviados una y otra vez los paquetes de información, percibiéndose como una menor velocidad efectiva de transmisión para el usuario.

Las soluciones a las redes inalámbricas están disponibles hoy y han venido creciendo mucho en los últimos años. Lo anterior ocurre, en parte, debido a la gran penetración en el mercado peruano de dispositivos móviles (notebooks, netbooks, smartphones, tabletas). Los estándares 802.11a, 802.11g, 802.11n y 802.11ac ofrecen un gran ancho de banda para permitir un gran número de nuevas aplicaciones. Los precios de los productos WLAN se han reducido en los últimos años, y estos precios continuarán bajando conforme se alcance el consumo masivo del software y hardware basados en tecnologías inalámbricas.

### **2.1.3. Wide Area Networks (WAN)**

#### **2.1.3.1. Microondas**

Con el término microondas se identifica a las ondas electromagnéticas en el espectro de frecuencias comprendido entre los 900 MHz y 300 GHz, con longitudes de onda desde los 33 cms hasta 1 mm.

##### **2.1.3.1.1 Comunicación vía microondas**

Un enlace vía microondas consiste de tres componentes fundamentales: el transmisor, el receptor y el canal aéreo. El transmisor es el responsable de modular una señal a la frecuencia utilizada para transmitir, el canal aéreo es el camino o medio físico presente entre el transmisor y el receptor, y el receptor es el encargado de recibir la señal transmitida y demodularla; es decir, hacer la tarea inversa al transmisor.

El factor limitante de la propagación en enlaces microondas es la distancia que se debe cubrir entre el transmisor y el receptor, además esta tramo debe ser libre de obstáculos. La distancia cubierta por enlaces microondas puede ser incrementada por el uso de repetidoras, las cuales amplifican y redireccionan la señal. [27]

#### **2.1.3.1.2 Ventajas de los radioenlaces microondas comparados con los sistemas cableados**

- Inversión generalmente menor.
- Instalación más rápida y sencilla.
- Conservación y mantenimiento generalmente más económica y de actuación rápida.
- Puede superarse las irregularidades del terreno.

#### **2.1.3.1.3 Desventajas de los radioenlaces microondas comparados con los sistemas cableados**

- Explotación restringida a tramos con visibilidad directa para los enlaces.
- Necesidad de acceso adecuado a las estaciones repetidoras en las que hay que disponer de energía y acondicionamiento para los equipos y servicios de conservación. [27]

#### **2.1.3.1.4. Problemas de propagación**

Por su naturaleza, las comunicaciones vía microondas son afectadas en la propagación por diferentes factores que clasificaremos en tres tipos. Factores atmosféricos, factores de terrenos y desvanecimiento o “fading”. En el caso de los factores atmosféricos se da desvanecimiento por absorción cuando los átomos de oxígeno absorben la energía del haz microonda, por refracción debido a las diferencias de temperatura y humedad en el aire, y por canalización, también debido a las condiciones de humedad y temperatura. Sobre los factores de terreno; se dan pérdidas por reflexión, difracción y por obstaculización en la zona de Fresnel. El desvanecimiento o “fading” se genera típicamente por elementos como gotas de lluvia cristalizadas en el camino de la onda.

#### **2.1.3.2. Fibra Óptica**

La fibra óptica consiste en fibras delgadas de vidrio, en ocasiones del ancho de un cabello humano que gracias al fenómeno de reflexión total interna permiten transportar luz con

pérdidas menores a 1 dB/Km. La tecnología actual permite codificar la información en haces luminosos, de esta forma puede transportarse información a través de esta fibra. El ancho de banda disponible en una señal óptica permite que la velocidad de flujo de información que puede soportar esta delgada fibra sea muy grande.

**Ventajas:** presenta flexibilidad física, inmunidad a agentes externos, poca atenuación, tamaño y peso reducidos, posee un inmenso ancho de banda utilizable.

**Desventajas:** su precio es aún elevado, el mantenimiento e implementación para tendido de grandes longitudes es complicado ya que se necesita de costosos equipos y profesionales especializados.

#### **Tipos de fibra:**

Multimodo escalonado: propaga una cantidad variable de haces de luz a la vez, dependiendo del ancho del núcleo y el revestimiento, además de la longitud de onda. Esta fibra se caracteriza por tener un núcleo con índice refractivo uniforme. Se usa para conexiones de distancias menores a 1000 metros, no tiene un alto costo de mantenimiento.

Multimodo de índice gradual: el índice de refracción del núcleo varía de forma continua, aumentando conforme a la distancia del centro de la fibra. Se usa para conexiones de distancias menores a 1000 metros, no tiene un alto costo de mantenimiento.

Monomodo: propaga un solo rayo de luz dentro de la fibra, pero permite mayor flujo de información. Permite comunicaciones a mayores distancias y con menor pérdida, su costo de mantenimiento es mayor al de la fibra multimodo.

Debido a las necesidades de gran ancho de banda se creó el multiplexaje óptico y las técnicas DWDM/WDM que permiten acoplar señales de diferentes longitudes de onda en una misma fibra.

Los dispositivos receptores de fibra óptica requieren una intensidad mínima de señal (sensibilidad), esta depende de la intensidad de señal enviada y de las pérdidas producidas tanto en los conectores o fibra misma. Las pérdidas en fibra óptica pueden darse por dispersión de Rayleigh, dispersión cromática, dispersión modal o pérdidas de radiación.

#### **2.1.3.3. 3G**

3G es el nombre que se da al conjunto de tecnologías celulares de tercera generación. Se considera como la primera generación la telefonía celular analógica y como segunda generación la telefonía celular completamente digital y con la comunicación encriptada. La tecnología 3G está dirigida a los “smartphones” que soportan mayores velocidades de transmisión y aplicaciones web, de audio y video. Las tecnologías 3G más usadas son:

- CDMA2000
- WCDMA (UMTS)
- TD-SCDMA

Las velocidades de transmisión que se alcanzan con 3G son de hasta 3 Mbps, superando largamente los 144 kbps de 2G.

#### 2.1.3.4 4G

4G es el nombre que se da al conjunto de tecnologías celulares de cuarta generación. Estas soportan velocidades notoriamente mayor, comparado con las predecesoras 3G. Las tecnologías 4G más conocidas son:

- Wimax (mobile WiMax)
- HSPA+
- LTE

WiMax asocia a los dispositivos que cumplen con el estándar IEEE 802.16. La primera versión del estándar fue realizada en el año 2001 (IEEE 802.16) y continuó evolucionando hasta la última versión ratificada en el año 2011 (IEEE 802.16m). El estándar permite conexiones con cobertura de hasta 60 kms y velocidades aproximadas de 40 Mbps para el usuario final. El protocolo define una capa MAC que soporta múltiples especificaciones de la capa física, soporta además niveles de servicio (SLA) y calidad de servicio (QoS).

La autoridad respecto de estos estándares es el WiMAX Forum, el cual es un consorcio de empresas dedicadas a diseñar los parámetros y estándares de esta tecnología, y a analizar los desarrollos implementados.

HSPA+ está basado, y es una mejora sobre su predecesora, HSPA, ambas utilizan WCDMA y son compatibles entre ellas.

LTE está basado en IP, a diferencia de otras tecnologías, incluso la voz en encapsulada en paquetes IP. Las velocidades teóricas de LTE son de 300 Mbps, en la práctica, se alcanzan velocidades de entre 5 y 25 Mbps. LTE utiliza OFDMA para optimizar la velocidad de transmisión, esto se logra utilizando múltiples portadoras. LTE trabaja sobre varias bandas de radio frecuencia, permitiendo así una transición más fácil a los operadores.

#### 2.1.4 Síntesis de estado del arte – redes PAN, LAN y WAN

Para sistemas de mediana distancia, en el orden de los metros hasta decenas de kilómetros, pueden ser usados los enlaces microondas ya que tienen una aceptable capacidad de transporte de datos y no requiere de costosos contratos con satélites, además se maneja bien (apoyado con repetidoras) en terrenos agrestes; donde algún competidor cableado padecería demasiadas dificultades.

La tecnología de fibra óptica no tiene competidor con respecto a capacidad de transmisión, haciéndola así la idónea para el futuro de las comunicaciones. Si bien en corto alcance e instalaciones internas compite con el cable de cobre o redes WLAN, la mayor capacidad, poco peso y espacio ocupado le hace ideal para grandes distancias en trayectos donde se puede realizar el tendido.

Respecto de redes internas hay un gran uso de redes LAN Ethernet, sin embargo, en casos que por condiciones de suelo, seguridad u otros motivos el cableado sea complicado, se suelen utilizar las ya mencionadas redes WLAN, básicamente similares a las LANs, compatibles y conectables entre sí, pero las WLAN no utilizan los cables, sino conexiones inalámbricas.

La siguiente tabla resumen las características de las tecnologías revisadas:

Tecnología	Distancias	Costo	Facilidad de implementación
Enlaces microondas	Medianas	Mediano	Bajo
Fibra óptica	Grandes	Elevado	Mediana
Redes LAN Ethernet	Cortas	Bajo	Alta
Redes WLAN	Cortas	Bajo	Muy Alta

**Tabla 3:** Tabla comparativa de tecnologías de comunicación

#### 2.1.5. Descripción de equipos de red

En la siguiente sección se describen las características de algunos dispositivos de red y eléctricos que pueden ser requeridos para el diseño de la red en La Cachuela.

**Switch:** es un dispositivo de red multipuertos que permite la interconexión y ampliación física de segmentos de red. Los switches reconocen las direcciones de capa 2 de los dispositivos (direcciones MAC) y arman una tabla asociando las direcciones con el puerto desde la cual es recibida. Los switches manejan un solo dominio de broadcast y un dominio de colisión por cada puerto, optimizando así el uso del medio. Si se hace uso de VLANs (Virtual LAN), se maneja un dominio de broadcast por cada VLAN. Las características usadas para describir a los switch son usualmente:

Tamaño de la tabla TCAM: número de direcciones MAC que maneja el dispositivo.

Capacidad de conmutación: capacidad de información que puede procesar en cierta unidad de tiempo considerando todos sus puertos, medido en Gbps. En ocasiones, se usa el término non-blocking speed, que implica que la capacidad de conmutación del dispositivo es igual a la suma de la velocidad de todos los puertos funcionando al 100% de su capacidad. Esto se especifica pues en ocasiones se usa overbooking, es decir, un grupo de puertos comparte una capacidad limitada y menor a las capacidades de los puertos sumadas.

Throughput: número de paquetes que puede procesar en cierta unidad de tiempo, medido en Mpps.

Número de puertos y velocidad de los mismos.

Protocolos soportados: estos protocolos amplían las capacidades y versatilidad del equipo.

**Router:** es un dispositivo de red que trabaja sobre la capa 3 del modelo OSI. Los routers permiten separar diferentes dominios de broadcast y la interconexión lógica entre éstos. Los routers usualmente separan la red del proveedor de servicios de la red LAN del cliente. Las características usadas para describir comercialmente a los routers son usualmente:

Número y tipo de interfaces

Capacidades de encriptación

**Throughput:** número de paquetes que puede procesar en cierta unidad de tiempo, medido en Mpps.

**Firewall:** es un dispositivo de red que trabaja sobre la capa 3 y 4 del modelo OSI. Se trata de un equipo de seguridad que permite el filtrado granular de las direcciones IP y de los puertos tcp/udp de acceso. Además manejan sesiones, permitiendo restricciones sobre el sentido en el flujo de la información. Las características usadas para describir comercialmente a los firewalls son:

- Throughput de firewall
- Capacidad de Intrusion Prevention System - IPS (en caso realice esa función)
- Capacidad de Virtual Private Network - VPN (en caso realice esa función)
- Número de conexiones VPN
- Número de sesiones que puede manejar
- Número de puertos físico
- Soporte de Virtual LANs

**IPS / IDS:** estos dispositivos enfocados hacia la seguridad complementan a las funciones de seguridad de los firewalls ya que no se limitan a permitir o denegar el flujo de tráfico según protocolo, dirección IP o puerto tcp/udp; sino que analizan el tráfico permitido por el firewall y basados en los patrones de tráfico, reconocen ciertos ataques. Los IPS / IDS requieren ser actualizados (manual o automáticamente) constantemente con firmas digitales, obtenida a través de Internet. Las acciones que pueden tomar son las de alertamiento (IDS) o incluso la acción de bloquear cierto tipo de tráfico (IPS). Es común que tengan una configuración in-line, es decir, que usen un par de interfaces del equipo por las cuales se fuerza a que curse el tráfico. Las características usadas para describir comercialmente a los IPS / IDS son:

- Throughput
- Número de interfaces, usualmente trabajado en pares
- Latencia

**Wireless Access Point (WAP):** es un dispositivo de red que trabaja sobre la capa 2 del modelo OSI, permitiendo la extensión de la red y conexión de dispositivos de manera inalámbrica. Los WAP tienen también al menos un puerto que permite la conexión con la red cableada. Estos equipos manejan un solo dominio de broadcast y colisiones en su interfase lógica inalámbrica y un dominio de broadcast y colisiones en su puerto cableado. Los WAP se conectan a una o más antenas y a través de estas pueden manejar más de un flujo de

datos (MIMO). En algunos casos, estos incorporan funciones de router o incluso de firewall. Estos dispositivos pueden trabajar de modo autónomo o se controlados centralizadamente usando un Wireless LAN Controller (WLC). Las características usadas para describir comercialmente un access point son:

- Estandar inalámbricos soportados (determinan potencia y frecuencias utilizadas)
- Capacidades de encriptación y autenticación
- Conectores y tipos de antenas soportadas
- Uso para interiores o exteriores (Indoor / Outdoor)
- Autónomos o lightweight (usando controlador)

**Antena:** es un dispositivo conductor diseñado para recibir señales eléctricas y convertirlas en señales electromagnéticas en el caso de las antenas emisoras, y hacer lo inverso en el caso de las antenas receptoras. Las antenas pueden realizar ambas funciones al mismo tiempo. Las antenas también son usadas para direccionar la potencia de la señal en una dirección, aumentando así la cobertura en cierta dirección en desmedro de la potencia en otras direcciones. Las características físicas de las antenas guardan relación con la longitud de onda de las señales electromagnéticas que transmiten o reciben. En el caso de los access point, son usadas para dar cobertura a usuarios o para direccionar la señal y formar así enlaces en distancia extensas. Las características usadas para describir comercialmente una antena son:

**Ganancia (dBi):** es el factor en que es incrementada la señal radioeléctrica en cierta dirección.

**Tipo:** el tipo indica la forma del patrón de radiación, los tipos comunes son omnidireccional, sectoriales, yagi, discos, dipolos, planas, etc.

**UPS (Uninterruptible Power Supply):** un UPS es un dispositivo de protección eléctrica usado para evitar que los cortes o las grandes fluctuaciones en el flujo de corriente o voltaje, generen daños, apagados o reinicios intempestivos sobre equipos eléctricos. Estos trabajan con un banco de baterías que alimentan a la carga y a la vez son cargadas cuando la entrada de energía funciona normalmente. La autonomía que generan los UPS es tal que otorgan el tiempo suficiente para que se habilite una fuente de energía alterna o para que los equipos sean apagados correctamente. Las características usadas para describir comercialmente a los UPS son la potencia, el voltaje de salida, la frecuencia, la carga que soporta y la autonomía.

## 2.2. Modelo Teórico

El planteamiento es cubrir la necesidad de comunicación de datos en el Centro Acuícola usando las telecomunicaciones. La aplicación de las telecomunicaciones, en este caso en distancias cortas, puede llevarnos a tener mucha más información de la variables del proceso. El tener un registro completo de la información monitoreada del proceso a lo largo del tiempo permite planes a largo plazo y un desarrollo sostenible.

Los procesos de control también son beneficiados con esta presencia de información. Luego, la disponibilidad de información sienta las bases para nuevas aplicaciones de tecnología que puedan necesitar de ella, tales como comunicación hacia los productores, enlaces entre diferentes centros acuícolas o salida a Internet.

En otro sentido, con un enfoque hacia la comercialización y venta de los productos; el tener información digitalizada y ordenada permite que su almacenamiento y rápido envío, hagan rápidas también las decisiones comerciales.

Los medios para llevar la información pueden ser la fibra óptica, microondas, etc. En el uso particular de campo se consigue un buen compromiso entre velocidad de transmisión, confiabilidad y costos con los sistemas de microondas, ya que las distancias necesarias son pequeñas. El cableado de la fibra óptica no está presente. Variando según las características de las instalaciones (edificios, casetas, etc) podría hacerse el cableado para una red LAN que se conecte con una red WLAN para los puntos de recolección de información menos accesibles.

### 3. SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN

#### 3.1. Objetivos generales

Diseñar una red que permita soportar los requerimientos de comunicaciones actuales y que permita además escalabilidad y que nuevas aplicaciones o sub-sistemas se soporten sobre ésta.

Proponer, para el Centro Acuícola de La Cachuela, un esquema de red, diagrama de conexión y listado de equipos propuestos indicando las condiciones e infraestructura requerida para la correcta implementación.

#### 3.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos son los pasos u objetivos intermedios necesarios para lograr los objetivos generales.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Exponer que variables son monitoreadas en el Centro Acuícola y como éste proceso puede soportarse sobre la red propuesta.
- Determinar las condiciones que delimitan los requerimientos de diseño.
- Determinar los requerimientos mínimos de diseño que requieren los equipos de comunicaciones respecto de las condiciones de capacidad de procesamiento, throughput, ancho de banda, potencia radioeléctrica, ángulos y patrones de radiación, número de interfases, consumo de energía y manejo de protocolos o tecnologías.
- Detallar las condiciones eléctricas necesarias para soportar a los equipos propuestos.
- Detallar las condiciones de cableado, y ubicación física que requieren los equipos propuestos.
- Determinar los requerimientos de intensidad de señal para tener cobertura y la velocidad de transmisión suficiente en el centro acuícola.
- Realizar listados y tablas comparativas de los equipos posibles.

#### 3.3 Condiciones del proceso

Durante los 5 estadios del proceso se necesita de cierto flujo de agua mínimo y controlar las variables y condiciones del agua. Las variables monitoreadas son la temperatura del agua, la transparencia del agua, el PH del agua, la concentración de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, nitrito y amoniaco. La importancia, los intervalos de valor, frecuencia de muestreo y el tiempo de respuesta máximo necesarias de cada variable dependen del estadio del proceso y de la especie en tratamiento; sin embargo, al tratarse aquí con 2 especies similares, se tratan como si se manejase el mismo pez.

El siguiente cuadro resume los rangos y duración para cada estadio.

	Tanque de reproductores	Tanque de tratamiento	Incubadoras	Artesas	Estanques de alevinaje
<b>Duración</b>	X	30 horas	17 horas	6 días	>20 días
<b>Temperatura</b>	26 – 33 ° C	28 - 32 ° C	28 – 31 ° C	28 – 32 ° C	26 – 33 ° C
<b>O<sub>2</sub></b>	4 – 13 ppm	>= 4ppm	>= 6ppm	>= 6ppm	4 – 13 ppm
<b>CO<sub>2</sub></b>	<= 18ppm	<= 16ppm	<= 12ppm	<= 12ppm	<= 16ppm
<b>Amoniaco</b>	<= 0.02ppm	<= 0.02 ppm	<= 0.02ppm	<= 0.02ppm	<= 0.02ppm
<b>PH</b>	6.8 – 7	6.8	6.8	6.8	6.8 – 7
<b>Nitrito</b>	<= 0.02ppm	X	X	X	<= 0.02ppm
<b>Transparencia</b>	25 cms	X	X	X	25 cms
<b>Flujo de agua</b>	X	X	5 Litros/min	2L/min	X

**Tabla 4:** Condiciones requeridas por estadio

Debe tomarse en cuenta que los tiempos de reacción que deben tener los operarios en las etapas del tanque de tratamiento e incubadoras deben ser cortos, del orden de los minutos, sobre todo para la temperatura y concentración de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. Los tiempos de reacción para las artesas y estanques de alevinaje pueden variar en rangos mayores, desde los minutos hasta las varias horas. Sin embargo, las variables monitoreadas no tienen una variación rápida; las acciones tomadas son manuales y del orden de los minutos.

La frecuencia de muestreo y rangos de medición para las variables de PH y temperatura fueron obtenidos de la tesis de pregrado del Ing. Luis Dulanto Ramos, que trata sobre el monitoreo remoto de parámetros ambientales para una planta de acuicultura [9]. Estos se muestran en la siguiente tabla:

Variable	Señal adquirida	Frec.muestreo (Hz)
PH	6 - 9	0.0160
Temperatura	10 ° a 50 ° Celcius	0.4200

**Tabla 5:** Condiciones de medición de variables

La presente tesis no cubre el monitoreo de las variables. Sin embargo, basados en la Tabla 5, se asumirán la frecuencia de muestreo para poder determinar un bit rate mínimo para la transmisión de la información de monitoreo.

Se trabaja sobre 8 de las variables de la Tabla 4, pues no se considerará el monitoreo de la transparencia del agua, por tratarse de una variable de menor importancia y que solo se utiliza en el tanque de reproductores. La Tabla 6 muestra cuantos bits y bytes se usarán para representar la variable:

Variable	Descripción de formato	Unidad	Ejemplo	Valores requeridos	Bits	Valores cubiertos	Bytes
Duración días	Días del 0 al 99	Días	35 días	100	7	128	1
Duración horas	Número entero de 0 a 23	Horas	22 horas	24	5	32	1
Duración minutos	Número entero de 0 a 59	Minutos	48 minutos	60	6	64	1
Flujo de agua	Número de 2 dígitos con 2 decimales, de 0.00 a 99.99	L/min	12.32 L/min	10000	14	16384	2
Temperatura	Número de 2 dígitos con 2 decimales, de 0.00 a 99.99	° C	27.42 ° c	10000	14	16384	2
PH	Número de un dígito con 2 decimales, de 0.00 a 9.99	PH	6.78	1000	10	1024	2
Amoniaco	Número con 3 decimales, de 0.000 a 0.040	0.001 ppm	0.030 ppm	41	6	64	1
O2	Número entero de 0 a 31	ppm	13 ppm	32	5	32	1
CO2	Número entero de 0 a 31	ppm	14 ppm	32	5	32	1
Nitrato	Número entero de 0 a 7	0.01 ppm	0.04 ppm	8	3	8	1

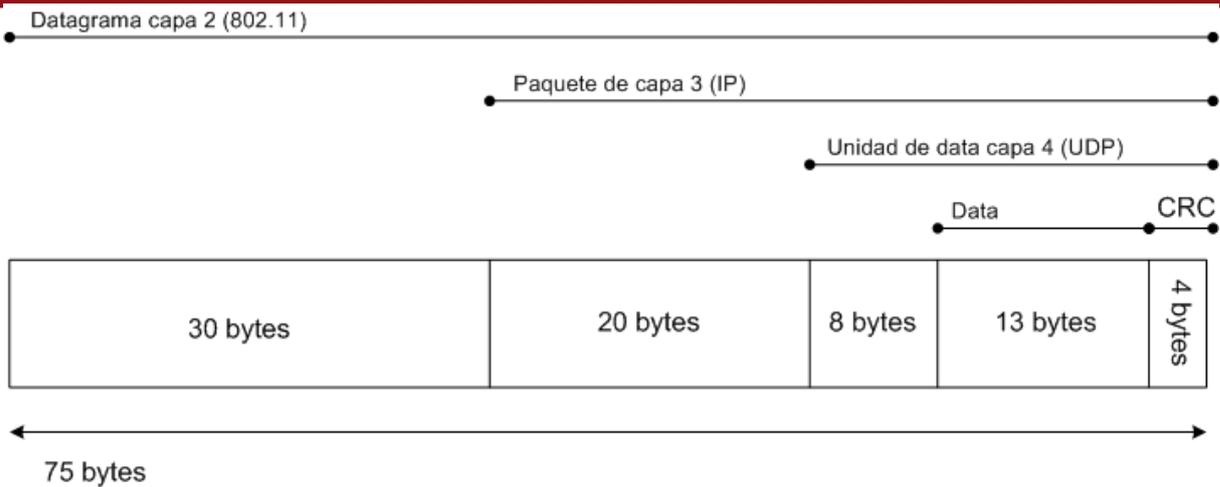
**Tabla 6:** Uso de bits y bytes de las variables

La suma de bytes que usan las variables es  $1+1+1+2+2+2+1+1+1+1 = 13$  bytes.

Tomando la frecuencia de muestreo de la temperatura (0.42Hz), que es mayor al del PH; y 13 bytes por todas las variables se obtiene un bit rate de:

$$13 \text{ bytes/muestra} \times 0.42 \text{ Hz} \times 8 \text{ bits/ 1 byte} = 44 \text{ bps.}$$

Se hará el ejercicio de calcular el bit rate requerido incluyendo las cabeceras y colas de los protocolos de capa 2, 3, y 4. Se asumirá la transmisión usando los protocolos udp, ip y el estándar 802.11g.



**Figura 6:** Cabeceras de protocolos de capa 2, 3 y 4

Se observa que en un paquete hipotético, se tendrían un tamaño total de 75 bytes de los cuales solo 13 bytes son data. Con esos valores y tomando la frecuencia de muestro de 0.42 Hz se puede obtener la eficiencia de envío de datos y el bit rate que incluye los protocolos de capa 2,3 y 4.

Bit rate:  $87 \text{ bytes/muestra} \times 0.42 \text{ Hz} \times 8 \text{ bits/ 1 byte} = 292 \text{ bps}$ .

Considerando la información de un total de 24 mediciones entre pozas y estanques de alevijane, se obtiene un bit rate de:

$292 \text{ bps} \times 24 \text{ mediciones} = 7008 \text{ bps} = 7.008 \text{ kbps}$

Eficiencia:  $13 \text{ bytes de data} / 75 \text{ bytes transmitidos} = 17.33 \%$

El bit rate obtenido se toma como referencia, pues el tamaño de las variables dependen de protocolos o estándares definidos para el monitoreo, sistemas de codificación, sistemas de encriptación y verificación de integridad de data y otros; muchos de ellos no conocidos en detalle por tratarse de estándares propietarios del fabricante. El objetivo es determinar un bit rate referencial para confirmar que lo requerido sería cubierto con holgura por las velocidades de los elementos de red que serán propuestos.

En el Centro Acuícola, se monitorean aproximadamente cada 2 horas las variables expuestas haciendo la revisión manual en cada una de las pozas. En el caso de las artesas y estanques, la revisión se realiza cada hora; se guarda un registro de ellas en un cuaderno.

La red propuesta, puede soportar la comunicación que permita el monitoreo en tiempo real y centralizado de aquellas variables y con ello se puede guardar un registro en medios digitales.

### 3.4 Condiciones de energía, seguridad y comunicaciones

El centro “La Cachuela” actualmente cuenta con suministro eléctrico. Los equipos que utilizan la energía eléctrica son el microscopio y los equipos de la cocina (congelador, calentador de agua, TV, radio), los 4 focos usados para iluminación y un faro móvil. Sin embargo, se generan constantes cortes en el servicio.

Respecto de las comunicaciones no todas las principales empresas de servicio celular tienen cobertura en “La Cachuela”. Movistar y Claro tienen cobertura, no es así el caso de Nextel. Las señales de televisión de señal abierta se reciben vía satélite, siendo visibles los canales 2, 4, 5, 9, 13 y algunos de Brasil; la cobertura de las estaciones radiales incluye al centro acuícola.

Respecto de la seguridad aún no se presentan problemas. El lugar limita con el bosque por el norte, el límite este es propiedad privada, el límite oeste es una montaña y por el sur, la única dirección de fácil acceso, está protegido por una cerca de aproximadamente 3 metros de altura. Nunca se ha registrado un robo en el centro acuícola.

### 3.5 Requerimientos de equipos de red

**Condiciones eléctricas:** los equipos de red requieren energía eléctrica estabilizada de 220V y 60 Hz. Además un equipo de respaldo (UPS) con una autonomía de al menos 10 minutos, que permita soportar pequeños cortes de energía y en caso sea necesario el correcto apagado de los equipos. Se requiere calcular la carga necesaria en base al consumo de los equipos propuestos.

**Temperatura y humedad:** se deben considerar los márgenes de temperatura de los equipos ya que la humedad en el Centro Acuícola se acerca al 100% y las temperaturas son elevadas y oscilan entre 15 °C y 32 °C, tomando en cuenta todo el año.

Para el caso de access point externos deben considerarse equipos preparados para condiciones de alta humedad, lluvia o tormentas eléctricas. La precipitación anual acumulada es de aproximadamente 2400 mm, la máxima mensual es aproximadamente 360 mm durante los meses de lluvia (noviembre – febrero).

**Altitud:** el Centro Acuícola se encuentra en Puerto Maldonado, a una altitud de 186 msnm.

**Gabinete:** es apropiado que los equipos críticos cuenten con seguridad física y por ende, se instalen en un gabinete con llave. Se debe contar con espacio para ubicar los equipos propuestos.

**Cableado:** se sugiere cableado UTP categoría 5e o superior para las conexiones hacia los equipos de comunicaciones.

**Sistema de protección a tierra:** un sistema de protección a tierra se utiliza con el objetivo de prevenir que descargas eléctricas o variaciones electroestáticas en el ambiente, tales como las generadas por tormentas eléctricas, dañen equipos eléctricos o personas. Estos consisten en un pozo cavado en la tierra en el cual se insertan una o varillas metálicas, usualmente de cobre; el pozo es roseado con sal y/o un gel conductor para aumentar la conductividad del suelo. Las varillas son conectadas a través de cables descubiertos y de gran grosor como línea a tierra de los equipos eléctricos.

La información necesaria para dimensionar el pozo es la resistencia máxima que soportan los equipos eléctricos en la conexión a tierra y la corriente que puede llegar a soportar el sistema de protección. La resistencia del pozo se determina por los equipos que requieren una menor resistencia, en este caso son los equipos de comunicaciones que requieren una resistencia no mayor de  $5 \Omega$ .

**Pararrayos:** es un sistema de protección eléctrico que proporciona un camino de poca resistencia para encaminar la corriente en caso de una tormenta eléctrica, evitando así que la corriente del rayo dañe construcciones o personas. Los componentes de un sistema de pararrayos son: la varilla instalada a mayor altitud que el lugar o construcción que se desea proteger, el cable conductor y un pozo a tierra. Se requiere detallar las características necesarias en un pozo a tierra para ya que en la zona del La Cachuela se presentan tormentas eléctricas con regularidad.

### 3.6 Usuarios en el Centro Acuícola

La Cachuela cuenta con 4 usuarios que pueden requerir acceso a la red. Se trata de un jefe, su asistente y 2 operarios.

### 3.7 Requerimientos técnicos sugeridos de los equipos:

### 3.7.1 Switch:

Se requiere que el switch pueda interconectarse con otros switches utilizando múltiples VLANs proyectando el crecimiento en el número de usuarios y dispositivos en La Cachuela. Se proyecta el crecimiento en número de usuarios de 4 a 8. Por lo anterior, se sugiere el protocolo IEEE 802.1q (troncales) y el IEEE802.3ab soporta conexiones de 1 Gbps, usadas frecuentemente entre los switches. El IEEE802.1w es RSTP que permite una convergencia más rápida del proceso Spanning Tree, cuando se interconectan más de un switch. El IEEE802.3u es FastEthernet, para conexiones de 100 Mbps. Los protocolos 1000BASE-SX, 1000BASE-LX/LH permiten conexiones de fibra, pueden ser requeridos en caso, a futuro, se instalen switches en distancias mayores a 100m, que la limitación para Ethernet en cables UTP. Los protocolos telnet, ssh y SNMP permiten gestión y monitoreo. Sobre el número de puertos se requieren como mínimo 4 para las PCs de los usuarios, uno para el firewall y uno para un servidor de archivos y los requeridos para los WAP. Se trata de 6 puertos más el número de puertos para los WAP. Si se considera el crecimiento, son 10 puertos más lo que requieran los WAP. Además, en caso se requiera conectar, en un futuro, a La Cachuela con una red privada de datos, debe poderse dispone de puertos físicos en el core.

**Protocolos sugeridos:** IEEE 802.1Q, IEEE802.1p, IEEE802.1w, IEEE802.3u, IEEE802.3ab, 1000BASE-SX, 1000BASE-LX/LH, SNMP v2, Telnet, ssh.

Mínimo 10 puertos 10/100 o 10/100/1000

Capacidad de conmutación:  $10 \times 2 \times 1 \text{ Gbps} = 20 \text{ Gbps}$

Throughput (mpps):  $20 \text{ Gbps} \times 1 \text{ paquete} / 64 \text{ bytes} = 41.94 \text{ Mpps}^*$

Tamaño de la tabla TCAM: 4096

(Valor referencial de paquetes IP de tamaño pequeño) \*

### 3.7.2 Firewall:

Por la razón expuesta para el switch en el punto anterior, se sugieren ciertos protocolos para el firewall. Además, se añade el IPSec, que permite conexiones remotas y seguras desde Internet. Ello permitiría monitorear la red de La Cachuela sin necesidad de estar en el lugar. El throughput, debe considerar la navegación a Internet de los usuarios. Proyectando que a futuro se utilice un enlace de 12 Mbps, el throughput requerido sería de al menos 24 Mbps. El manejo de VLANs permitirá crear nuevos segmentos administrados por el firewall.

**Protocolos sugeridos:** IEEE 802.1Q, IEEE802.1p, IEEE802.3, IEEE802.3u, SNMP v2, Telnet, ssh, IPSec.

Throughput: 24 Mbps o más.

Capacidad para realizar conexiones VPN, al menos 2 clientes VPN.

Manejo mínimo de 5 VLANs para segmentación.

Bajo consumo de energía.

Mínimo 3 puertos Ethernet (Internet, red LAN y gestión).

Puerto de consola, puerto USB.

### 3.7.3 Access Point:

Se requiere que el Access Point soporte los protocolos permitidos por norma que son el IEEE802.11b, IEEE802.11g y IEEE802.11n. Además, se requiere una conexión Fast Ethernet y preferiblemente Gigabit Ethernet, para ser compatible con el switch y protocolos seguros de encriptación como WPA TKIP, WPA2. Para gestión y monitoreo se recomienda SNMP v3 y ssh.

**Protocolos sugeridos:** IEEE802.11b, IEEE802.11g, IEEE802.11n, IEEE802.11ac, IEEE802.3u, WPA TKIP, WPA2, SNMP v3, ssh.

Soporte para antenas externas e instalaciones en exteriores (o instalable en una caja Nema) y soporte de POE.

### 3.7.4 Antena:

Los tipos de antena que se utilicen deben ser especiales para las condiciones ambientales exteriores del Centro acuícola. Además, deben ser tal que todas las pozas tengan cobertura parcial o total en sus bordes; puede usarse una combinación de antenas con diferentes patrones de radiación.

### 3.7.5 UPS:

Entrada y salida: 220V - 240V

Frecuencia: 60 Hz

Autonomía: 10 minutos para el total de carga, lo que permite el correcto apagado de los equipos en caso de un corte de energía.

Potencia: debe ser capaz de soportar la carga de los equipos a los que alimentará.

### 3.8 Diseño de condiciones eléctricas

Se requiere además de un interruptor termomagnético bipolar como sistema de protección, este debe estar instalado en el tablero de alimentación que brinda energía al gabinete de comunicaciones y las PCs que estén en el Centro Acuícola.

Además, como se indica en la sección 3.6, se requiere de un UPS que permita la autonomía de 10 minutos de los equipos de red, antes que estos sean apagados.

### 3.9 Requerimientos de la red:

Se sugieren las siguientes características mínimas de la red LAN para el Centro Acuícola.

**Pérdida de paquetes:** la pérdida de paquetes debe ser menor al 2 % para paquetes de 1500 bytes ya que las aplicaciones web y transferencia de archivos trabajan correctamente con pérdidas iguales o menores a 2%.

**Throughput:** como se dedujo en la sección 3.3, se requiere soportar un bit rate de 5.91 kbps; tanto en los WAP como en el core de la red.

### 3.9.1 Requerimientos para cobertura Wireless

La cobertura wireless debe ser tal que todas las pozas de alevinaje tengan alguna sección de sus bordes cubiertos; de modo que puedan colocarse sensores y/o se realizarían las mediciones con dispositivos inalámbricos. La velocidad de transmisión efectiva debe ser de al menos 5.91 kbps. Sin embargo, la velocidad de conexión será mayor, pues la menor velocidad manejada por los estándares 802.11n, 802.11g y 802.11b es de 1 Mbps. También se requiere tener cobertura wireless en las zonas aledañas a la oficina. Se considerará como referencia el mapa del Centro Acuícola que se observa en la **Figura 2**.

### 3.10 Equipos de red evaluados

Por tratarse de cinco de los más importantes fabricantes de equipos de comunicaciones necesarios se evaluarán equipos de los siguientes fabricantes:

- Hewlett-Packard – 3COM (WAP y switches)
- Palo Alto Networks (Firewalls)
- Cisco (Firewalls, WAP y switches)
- Juniper Networks (Firewalls, WAP y switches)
- Aruba Networks (WAP)

Para los modelos con características similares a las sugeridas en la sección 3.5.

#### Hewlett-Packard

Switch: se evaluarán 2 modelos de switches, el HP A3610-24-2G-SFP (JD337A) y el HP A5800-24G (JC100A).

Firewall: el fabricante Hewlett-Packard no cuenta con firewalls en su portafolio actual de productos.

### **Palo Alto Networks**

Firewall: se evaluará el modelo Palo Alto PA-200.

El fabricante no tiene una línea de switches o wireless access points.

### **Juniper Networks**

Switch: se evaluarán 2 modelos de switches, el EX2200-24T y el EX3200-24T.

Firewall: se evaluará el firewall Juniper SRX100.

Access Point: se evaluará el Access Point WLA522.

### **Aruba Networks**

Access Point: se evaluará el Aruba AP-104.

### **Cisco**

Switch: se evaluarán 2 modelos de switches, el WS-C3560X-24T-L y el WS-C3560V2-24TS-SD.

Firewall: se evaluará el Cisco ASA 5506.

Access Point: se evaluará el modelo de Access Point Cisco Aironet 1600.

Una vez elegidos los Access Points que serán utilizados, deben elegirse las antenas que serán utilizadas. Eso se realizará según las opciones que ofrezca el fabricante del Access Point elegido.

En cualquier caso, las antenas elegidas deben cumplir con las siguientes características:

- Frecuencia: 2.4 GHz
- Ganancia: lo suficiente para que con la cantidad elegida, se tenga cobertura en los bordes de las pozas.
- Ambiente: externa (outdoor)
- Tipo (omnidireccional, panel, sectorizada, yagi, parabólica, bi-direccional): cualquier combinación que cubra hasta los bordes de las pozas.

Para el caso de los UPS se evaluarán a los principales fabricantes disponibles en el mercado.

### 3.11 Requerimientos de servicio de Internet

Se requiere de un servicio básico de Internet para permitir la conexión VPN client-to-site hacia la red de La Cachuela para 2 usuarios simultáneos, y la navegación a Internet para el personal que labora en el Centro con fines de conocer información comercial. El ancho de banda para usuarios se calcula tomando la recomendación [31]:

- Usuarios de consumo alto: 120 kbps
- Usuario de consumo medio: 80 kbps
- Usuario de consumo bajo: 50 kbps

Asumiendo que en el Centro acuícola trabaja un máximo de 4 personas y que son todos usuarios de consumo medio es necesario como mínimo  $80 \text{ kbps} \times 4 = 320 \text{ kbps}$ . Ese consumo de ancho de banda es, en un mayor porcentaje, tráfico de bajada.

La conexión VPN puede permitir a los usuarios conectarse remotamente y de forma segura, estos usuarios accederían usando RDP hacia hosts con sistema operativo Windows. Según la recomendación, consideramos que el porcentaje añadido por la cabecera IPsec es de 8.4%. Considerando el consumo de 2 usuarios remotos se requiere:  $40 \text{ kbps} \times 2 \times 1.084 = 86.72 \text{ kbps}$ . Ese consumo de ancho de banda es, es un mayor porcentaje, tráfico de subida. [24] Si a futuro se considera el uso de voz sobre IP, se debe considerar un consumo de 11.6 Kbps por cada llamada simultánea; si a ello se le añade la cabecera de IPsec se llega a 12.52 Kbps. Se considerará un factor de seguridad de 0.1 (Fs).

Consumo VPN =  $(86.72 \text{ kbps} + 2 \times 12.52 \text{ kbps}) \times (1 + Fs) = 111.76 \text{ kbps} \times 1.1 = \mathbf{122.94 \text{ kbps}}$

Consumo navegación = **320 kbps**

Consumo Total Internet:  $320 \text{ kbps} + 122.94 \text{ kbps} = \mathbf{442.94 \text{ kbps}}$

### 3.12 Requerimientos de servicio de mantenimiento

Se debe considerar un servicio de mantenimiento preventivo y revisión de los equipos de red periódico, de al menos 2 veces al año para garantizar que se encuentren en buen estado. Es recomendable la verificación y actualización del firmware, de modo que sean cubiertos contra las vulnerabilidades de mayor riesgo. Además, de 2 horas de administración cada trimestre para tareas adicionales o mantenimientos correctivos. También, se debe considerar el mantenimiento periódico del pozo a tierra.

## 4. DISEÑO Y PRUEBAS

### 4.1 Elección de equipos y materiales:

#### 4.1.1 Switch elegido

Fabricante	Modelo	Número de puertos	Switch Fabric (Gbps)	Throughput (pps)	TCAM Entries	VLANs	Altitud de operación (msnm)	Temperatura de operación	MTBF	Consumo energía (W)	Precio
Cisco Systems	WS-C3560X-24T-L	24	160	65.5	4096	1005	3000	de -5 a 45	500000	350	2510.70
Cisco Systems	WS-C3560V2-24TS	24	32	148.8	6144	1005	3000	de 0 a 45	377260	60	2108.82
HP	A3610-24-2G-SFP	24	12.8	9.5	11000	4096		de 0 a 45		35	3148.128
HP	A5500-24G	24	128	95.2	16384	4096		de 0 a 45		80	6960.00
Juniper Networks	EX2200-24T-4G	24	56	42	8000	1024	3048	de 0 a 45		50	1914.00
Juniper Networks	EX3200-24T	24	88	65	32000	4096	3048	de 0 a 45		320	3840.00

**Tabla 7:** Tabla comparativa de switches

Sobre la elección del switch se optó por el Juniper EX2200-24T-4G. Esto debido a que cumple los requerimientos mínimos de diseño; tiene el precio menor y el menor consumo de energía (50W).

#### 4.1.2 Firewall elegido

Fabricante	Modelo	Throughput (Mbps)	Clientes VPN	Sesiones	Sesiones nuevas / seg	VPN Throughput (Mbps)	Número puertos	VLANs	Altitud de operación (msnm)	Temperatura de operación	Consumo energía (W)	Precio
Juniper Networks	SRX100	700	128	32000	1800	65	8	16	-	de 0 a 40	10	420.00
Cisco Systems	ASA 5506	750	50	20000	5000	100	8	30	3048	de 0 a 40	30	558.20
Palo Alto	PA-200	100	25	64000	1000	50	4	4094		de 0 a 40	30	1656.00

**Tabla 8:** Tabla comparativa de firewalls

Sobre la elección del firewall se optó por el Juniper SRX100. Como razón técnica se observa que cumple los requerimientos mínimos de diseño, tiene el menor consumo de energía (20 Watts) y el precio menor.

El firewall SRX100 tiene funcionalidades de UTM, como IPS y application security que pueden dar mayor seguridad y visibilidad del tráfico hacia o desde Internet.

#### 4.1.3 Access Point elegido

Fabricante	Modelo	Soporte POE	Banda de trabajo	Temperatura de operación	MIMO	Antenas soportadas	Humedad Soportada (%)	Precio (US\$)	Consumo de Energía
Aruba	AP-104	Si	a/b/g/n	0 a 50	2x2	2	5 a 95	795	13
Juniper	WLA522	Si	a/b/g/n	0 a 50	2x2	2	10 a 95	899	11
Cisco	AIR-SAP1602E-A-K9	Si	a/b/g/n	0 a 40	3x3	2	10 a 90	513	13

**Tabla 9:** Tabla comparativa de Access Points

Sobre la elección de los Access Points se optó por el Cisco Aironet 1602, éste cumple con los requerimientos mínimos de diseño, tiene un menor costo y funcionalidades 802.11n de 3x3.

El Access Point es adquirido junto con un kit para ser soportado en postes y están preparados para trabajar a la intemperie (outdoor). Además, se considera el uso de una caja NEMA para la instalación y protección de cada uno de los WAPs.

Los WAP trabajan tanto en modo standalone como en modo lightweight (usando un controlador). Por tratarse de pocos equipos (10 o menos), la tarea de configuración no es muy laboriosa y puede manejarse cada uno como standalone. Se recomienda que si se manejan 15 o más APs, se considere el uso de un controlador modelo WLC 2504, capaz de manejar hasta 75 WAP.

Se utilizarán 2 WAPs; el detalle de la disposición de los WAPs y simulación de cobertura se ha cubierto en el anexo 2.

#### 4.1.4 Caja nema

Se considera el uso de una caja Nema para proteger de las condiciones atmosféricas, como las lluvias y el viento, a los WAPs. Se consideró esto, ya que el costo de un WAP con características de uso externo es más elevado que un WAP de uso interno y una caja Nema sumados. El costo de la caja Nema es de 132 US\$. La Figura 7 muestra a la caja elegida.



Figura 7: Caja Nema

#### 4.1.4 Antenas elegidas

Una vez elegido el modelo de Access Point a utilizar, se evalúan las antenas que éste equipo soporta y serían las más adecuadas para La Cachuela. Se requiere transmitir a 2.4GHz, de acuerdo con la norma peruana; además, la antena debe ser de tipo externa. Se eligieron dos tipos de antenas, AIR-ANT2580V-N y AIR-AIR-ANT2588P3M-N. Se adquirirán una de cada tipo, estas son sus características:

Fabricante	Modelo	Ganancia (dBi)	Banda de trabajo	Rango de Frecuencias (GHz)	Polarización	Ambiente	Precio (US\$)
Cisco Systems	AIR-ANT2547V-N	4	B/G/N	2.4 - 2.83	Vertical	Externo	183.00
Cisco Systems	AIR-ANT2588P3M-N	8	B/G/N	2.4 - 2.5	Vertical	Externo	578.00

**Tabla 10:** Características de las antenas elegidas

#### 4.1.5 UPS elegido

Para el caso de los UPS se observó que en cargas de ésta magnitud, hay poca oferta en el mercado peruano. Por lo anterior, se evaluaron 2 modelos de la marca APC:

- APC Back-UPS 650, 230V
- APC Back-UPS 500, 230V

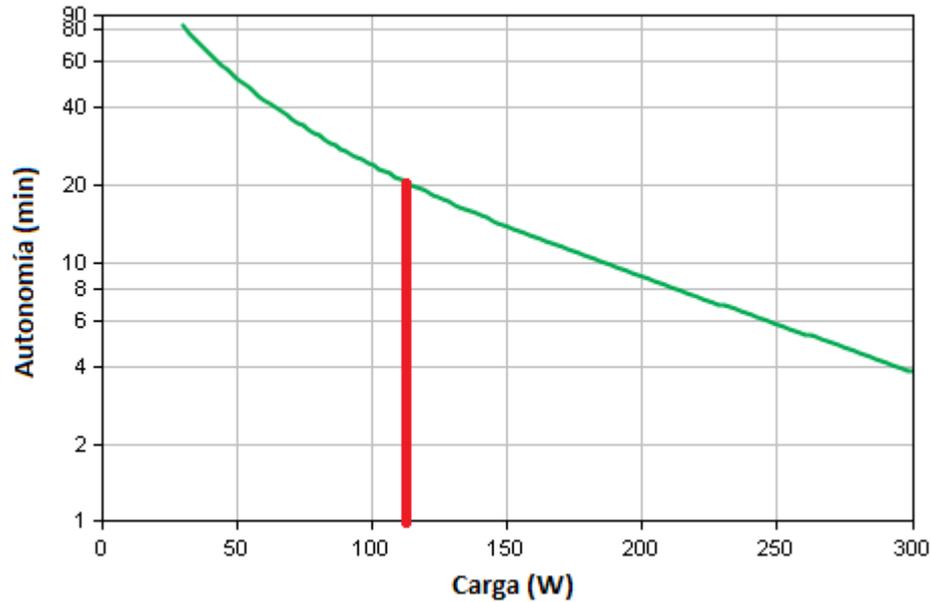
Como requerimiento de diseño, se propuso un tiempo de autonomía de 10 minutos para la carga total. En esta carga se consideran los equipos de red listados, y no las PCs de los usuarios. La carga se estima en 108 Watts, según la siguiente tabla:

Marca	Equipo	Modelo	Cantidad	Carga Eléctrica c/u (W)	Carga Eléctrica (W)
Juniper	Switch core	EX2200-24T-4G	1	24	24
Cisco	Acces Point	Aironet 1602	2	13	26
Router Proveedor	Router	x	1	30	30
Juniper	Firewall	SRX100	1	10	10
				<b>Total</b>	<b>90</b>
				<b>Factor de protección</b>	<b>20%</b>
				<b>Valor requerido</b>	<b>108</b>

**Tabla 11:** Comparación entre UPS

Básicamente, ambos UPS tienen las mismas características, la diferencia principal es la carga que soportan, 500VA (Back-UPS 500) vs 650VA (Back-UPS 650).

A continuación se muestran las tablas de autonomía del Back-UPS 500 (**Figura 8**):



**Figura 8:** Autonomía vs carga (Back-UPS 500)

Debido al menor costo y que cubre el requerimiento de autonomía proporcionando cerca de 20 minutos, se optó por el APC Back-UPS 500.

**4.1.6 Cableado:** sobre el cableado se decide utilizar categoría 5e, por su menor costo. Sin embargo, se considera el cable 5e con cobertura especial para exteriores, para el caso del cableado hacia los Access Points fuera de las oficinas. Para más detalle sobre distribución y materiales, revisar el anexo 1.

**4.1.7 Gabinete:** se optará por un gabinete de 9 unidades de rack, con espacio interno para colocar los equipos propuestos y el UPS.

**4.1.8 Pozo a tierra:** se seguirá lo establecido en la Norma Técnica Peruana (NTP 370.053, NTP 370.056). Para mayor detalle sobre las características del pozo, revisar el anexo 3.

**4.1.9 Pararrayos:** como se indicó en la sección 3.5, se sugiere la instalación de un pararrayos para proteger de las tormentas eléctricas a los equipos de comunicaciones de La Cachuela. Los detalles al respecto se encuentran en el anexo 4.

**4.2 Equipos seleccionados**

Item	Función	Equipo propuesto	Modelo comercial	Cantidad

1	Switch core	Juniper EX2200-24T-4G	EX2200-24T-4G	1
2	Access Point	Cisco Aironet 1602	AIR-SAP1602-A-K9	2
3	Antena	AIR-ANT2547V-N	AIR-ANT2547V-N	1
4	Antena	AIR-ANT2588P3M-N	AIR-ANT2588P3M-N	1
5	Firewall de Internet	Juniper SRX100	K9SRX110H2-VA	1

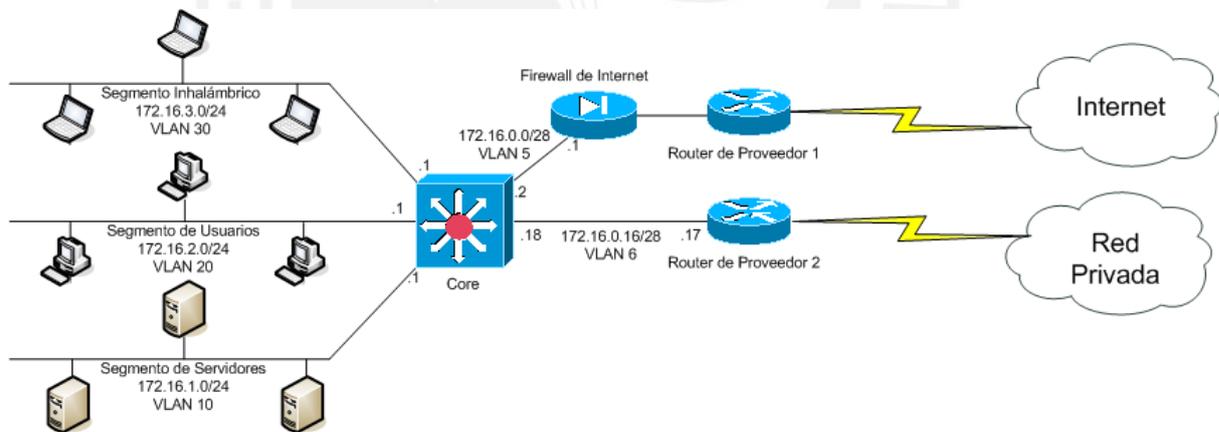
**Tabla 12:** Listado de equipos seleccionados

### 4.3 Direccionamiento y diagramas de la solución

#### 4.3.1 Direccionamiento IP propuesto

En el anexo 6, se detalla el direccionamiento IP propuesto y asignación de VLANs.

#### 4.3.2 Diagrama lógico: se muestra en la **Figura 9**.



**Figura 9:** Diagrama lógico de la solución

En el diagrama lógico se muestra como equipo central de la red al switch core, el cual recibe las conexiones de las VLANs de usuarios, ya sea a través de cables o con conexión inalámbrica, de la VLAN de servidores; además se comunica con el router de los proveedores para conectarse ya sea a la red privada o hacia Internet. El switch core realiza en enrutamiento entre las VLANs; es la pasarela por defecto de los segmentos de red inalámbricos, del segmento de usuarios y de los servidores, además, maneja las rutas por defecto hacia Internet. La navegación a Internet se utiliza con un pool de direcciones IPs públicas, las cuales son manejadas por el firewall de Internet. En el diagrama se sugiere

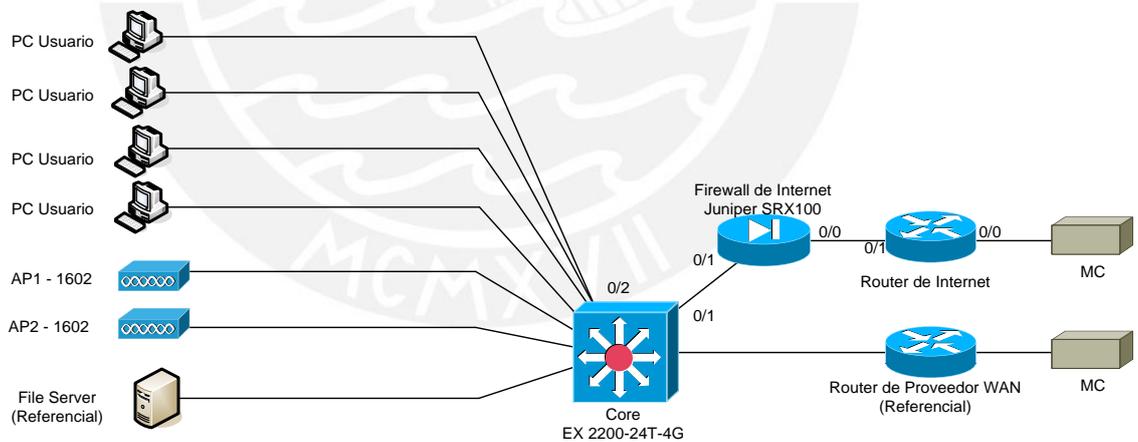
como se conectaría un enlace hacia una red privada; sin embargo, no es parte de los requerimientos del capítulo anterior, se indica de forma referencial

**4.3.3. Diagrama físico:** se muestra en la **Figura 10**.

La asignación de puertos propuesta se muestra en la Tabla 14 y en la Figura 9 se muestra el diagrama físico.

Equipo	Puerto	Conexión
Firewall de Internet	Eth0/0	Router de Internet (proveedor)
	Eth0/1	Switch core
Switch core	Fa0/1 – Fa0/4	PC usuarios
	Fa0/19	File server
	Fa0/21	Access Point
	Fa0/22	Access Point
	Fa0/23	Firewall de Internet
	Fa0/24	Router de proveedor

**Tabla 13:** Distribución de puertos en el switch



**Figura 10:** Diagrama físico de la solución

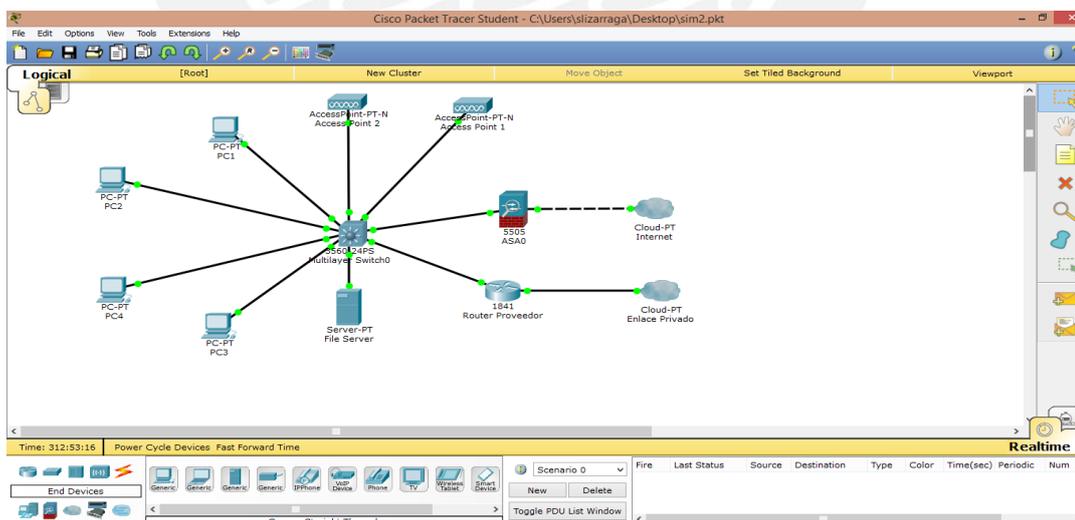
En el diagrama físico se muestran las conexiones que se realizarían. El servidor, los access-points y las PCs de los usuarios se conectarían directamente a los puertos ethernet del switch de core, este equipo se encargaría de la asignación de VLANs a cada uno de los equipos. El router del proveedor y el firewall de Internet se conectarían también directamente a través de un cable crossover.

#### 4.4. Simulación

Se utilizó la aplicación de Cisco Packet Tracer 6.1 para simular parcialmente el diseño de red propuesto, con el objetivo de validar el esquema de direccionamiento y enrutamiento propuesto. La Tabla 14 muestra que equipos fueron simulados y la **Figura 11** la imagen del simulador. La Tabla 15 muestra los resultados obtenidos.

Equipo Propuesto	Equipo en simulación	Observación
Juniper EX2200-24T-4G	Cisco 3560 – 24 PS	Es un equipo con funcionamiento similar
Cisco Aironet 1602	Access Point IEEE802.11N (genérico)	Se usa un modelo de Access Point genérico
Juniper SRX100	Cisco ASA 5505	Es un equipo con funcionamiento similar
Router de Internet	Router Cisco 1841	Es un equipo con funcionamiento similar
Router de proveedor WAN	Router Cisco 1841	Es un equipo con funcionamiento similar

**Tabla 14:** Equipos de red simulados



**Figura 11:** Red simulada

Prueba	Resultado
Entrega por DHCP	Exitoso
Conectividad con enrutamiento to propuesto	Exitoso

**Tabla 15:** resultado de simulación

Sobre la pérdida de paquetes, requerido en menos de 2% en el punto 3.9; se asume no llegara a ese valor. Por experiencia en el campo, se sabe que los WAP indicados, en caso tengan la intensidad de señal requerida, no presentan pérdidas mientras el número de usuario esté debajo de 20. En este caso se considera a uno o dos operarios conectados en simultáneo. En la red cableada, no se llega a consumos mayores de 500 kbps, por ello no se generará saturación o pérdidas (drops) en interfaces o alto consumo de CPU.

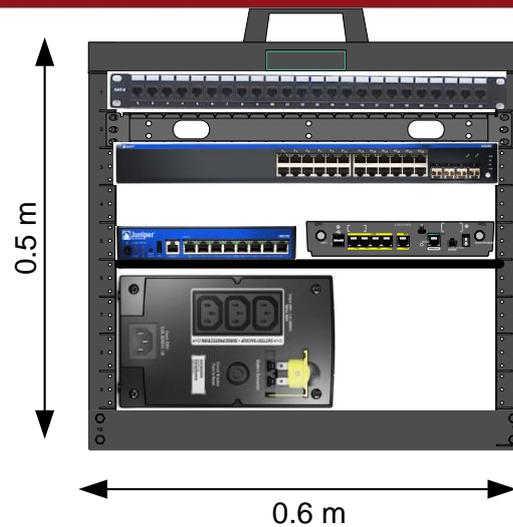
#### 4.5. Ubicación física de los equipos

Se propone la instalación de un gabinete de comunicaciones de al menos 9 RU en el área techada, donde se encuentra la oficina y el laboratorio. En éste se instalarían la mayor parte de equipos de comunicaciones, excepto por los access points que estarían instalados fuera para dar cobertura al Centro Acuícola. Se debe contar con una regleta de alimentación dentro del gabinete.

Se instalarían en el gabinete de comunicaciones, los siguientes equipos:

- Switch Core
- Firewall de Internet
- Router de proveedor de Internet
- UPS (APC – Back-UPS 500)

El router de Internet del proveedor (asumiendo un Cisco 871) y el firewall requiere el uso de una bandeja, ya que no tienen el ancho necesaria para instalarse directamente en el gabinete. Aquí la un esquema de la ubicación física propuesta (**Figura 12**):



**Figura 12:** Disposición de los equipos en el gabinete

#### 4.6 Condiciones eléctricas

Se realizó una estimación del consumo máximo de consumo de energía del Centro Acuícola, con el fin de calcular que dispositivos de protección eléctrica y dimensión de cableado eléctrico requerían. En base a ello se elaboró un diagrama unificar El detalle se encuentra en el anexo 7.

#### 4.7 Selección de servicios

En la sección 3.11 se analizaron concluyó que el ancho de banda de Internet requerido es **443 kbps**.

Se encontraron las siguientes opciones cuando se revisó el servicio ofrecido por los 2 más grandes operadores de Internet de la zona:

Proveedor	Nombre del producto	Ancho de banda	Costo(S/.)	Observación
Movistar	Movistar Internet	1 Mbps	84.00	ADSL al 40%
Claro	Claro Internet	2 Mbps	68.00	ADSL al 40%

Dado que ambos proveedores tienen cobertura en La Cachuela, se selecciona el servicio de Claro por tener un costo menor. Este servicio asegura un ancho de banda mínimo de 800 kbps.

#### 4.8 Redundancia

El esquema propuesto no cuenta con redundancia debido al alto MTBF de los equipos seleccionados; y al costo en que se incurre con duplicar la cantidad de los equipos core. Las horas de para al año generados por fallas de los equipos, no generan el suficiente impacto económico para justificar la compra de equipos adicionales.

En el esquema propuesto, el switch core Junipero 2200 es el que requeriría contar con redundancia primero que los demás por tratarse del equipo que centraliza las comunicaciones, luego se puede aumentar la fiabilidad con un Access Point adicional.

#### 4.9 Crecimiento y escalabilidad

Revisando las capacidades de lo propuesto se confirma que se dispone de capacidad de crecimiento tanto a nivel de procesamiento, espacio en el gabinete, ancho de banda disponible, etc. La Tabla 16 muestra un aproximado de las capacidades utilizadas y el crecimiento que permiten.

Dispositivo	Capacidad	Uso máximo	Uso actual	Porcentaje de uso%
Switch	Puertos físicos	24	9	37.50
Switch	Throughput	56 Gbps	9 Gbps	16.07
Firewall	Throughput	150 Mbps	2	1.33
Enlace Internet	Ancho de banda	891 kbps	443	49.71
Gabinete	Espacio disponible	9	8	88.89
UPS	Carga@10min	180	137	76.11
WAPs	Cantidad	NA	2	NA

**Tabla 15:** Uso de capacidades

El equipamiento propuesto permitiría cuadruplicar el tamaño actual de La Cachuela; es decir, cuadruplicar el número de usuarios de PC de 4 a 16 y multiplicar por 4 el número de pozas monitoreadas y por ende el tráfico generado. Tras ello, aun se dispondría de puertos físicos y ancho de banda de Internet, que serían las más cercanas limitantes. En caso de aumentarse el número equipos, se debe considerar que si bien el UPS soportaría la carga, la autonomía obtenida con el UPS disminuye; un alternativa es colocar un UPS adicional para conectar a los equipos que se añadan. Por otro lado, se dispone de solo una unidad de rack disponible en el gabinete propuesto.

#### 4.10 Análisis económico

La siguiente sección analiza los costos asociados a la implementación y mantenimiento de la solución propuesta. Los costos se han dividido en 5 tipos:

- Costos de equipos de red y UPS

- Costos de materiales de cableado de red
- Costos de materiales eléctricos
- Costos de servicios adicionales
- Costos de mano de obra

Dispositivo	Marca	Modelo	Precio Unitario (US\$)	Cantidad	Precio (US\$)
Switch core	Juniper	EX 2200	1428.11	1	1428.11
Access Point	Cisco	AIR-SAPP1602-A-K9	513.00	2	1026.00
Caja Nema	2A Comm	Universal WiFi Cabinet	132.00	2	264.00
Antena	Cisco	AIR-ANT2580V-N=	183.00	1	183.00
Antena	Cisco	AIR-ANT2488P3M-N=	578.00	1	578.00
Firewall de Internet	Juniper	SRX100	420.00	1	420.00
UPS	APC	Back-UPS VS 500	113.30	1	113.30
<b>Sub-total equipos de red (US\$)</b>					<b>4012.41</b>
<b>Sub-total equipos de red (S/.)</b>					<b>12759.45</b>

**Tabla 16:** Costos de equipos de red y UPS

Material	Marca	Precio Unitario (S/.)	Cantidad	Precio (S/.)
Patch cord 0.9m	Dixon	3.50	24	84.00
Patch cord 2m	Dixon	5.50	8	44.00
Cable UTP indoor (120m)	Dixon	1.50	120	180.00
Cable UTP outdoor (200m)	Dixon	2.00	200	400.00
Canaleta para cables (30m)	Dixon	8.50	26	221.00
Patch panel 24 puertos	Dixon	183.30	1	183.30
Conectores (jacks)	Dixon	3.50	20	70.00
Faceplates dobles	Dixon	2.00	4	8.00
Gabinete 9 RU	Toten	380.07	1	380.07
Ordenador 1 RU	Dixon	160.00	1	160.00

<b>Sub-total materiales de cableado (S/.)</b>	<b>1730.37</b>
---	----------------

**Tabla 17:** Costo de materiales de cableado de red

Material	Marca	Precio Unitario (S/.)	Cantidad	Precio (S/.)
Cable AWG 7 (12m)	Indeco	5.50	12	66.00
ITM 30 <sup>a</sup>	GE	30.00	1	30.00
ITM 25 <sup>a</sup>	GE	30.00	1	30.00
ITM 10 <sup>a</sup>	GE	37.00	1	37.00
Tablero	Ensafe	30.00	1	30.00
<b>Sub-total materiales de cableado (S/.)</b>				<b>193.00</b>

**Tabla 18:** Costo de materiales eléctricos

Servicio	Descripción	Precio (S/.)
Pozo a tierra		1600.00
Pararrayos		1400.00
<b>Sub-total servicios adicionales (S/.)</b>		<b>3000.00</b>

**Tabla 19:** Costo de servicios adicionales

Servicio	Horas	Costo/hora (S/.)	Número de personas	Precio (S/.)
Implementación de red	18	80.00	1	1440.00
Implementación de cableado	24	40.00	2	1920.00
<b>Sub-total mano de obra</b>				<b>3360.00</b>

**Tabla 20:** Costo de mano de obra

Sub-total equipos de red	12759.45
Sub-total materiales de cableado	1730.37
Sub-total materiales eléctricos	193.00
Sub-total servicios adicionales	3000.00
Sub-total mano de obra	3360.00
<b>Total (S/.)</b>	<b>21042.82</b>

**Tabla 21:** Costos de implementación

Marca	Modelo	Cantidad	Carga Eléctrica c/u (W)	Carga Eléctrica (W)	Hora por día (hrs)	Horas por mes (hrs)	KW.h/mes	Costo/mes (S/.)
Cisco	EX2200-24T-4G	1	50	50	24	730	36.50	11.92
Cisco	Aironet 1602	2	13	26	24	730	18.98	6.20
Router de Internet	x	1	30	30	24	730	21.90	7.15
PC	PC	4	110	440	8	365	160.60	34.97
Juniper	SRX100	1	10	10	24	730	7.30	2.38
<b>Total + 10%</b>							<b>269.81</b>	<b>68.89</b>

Costo KW.h (S/.)	0.33
------------------	------

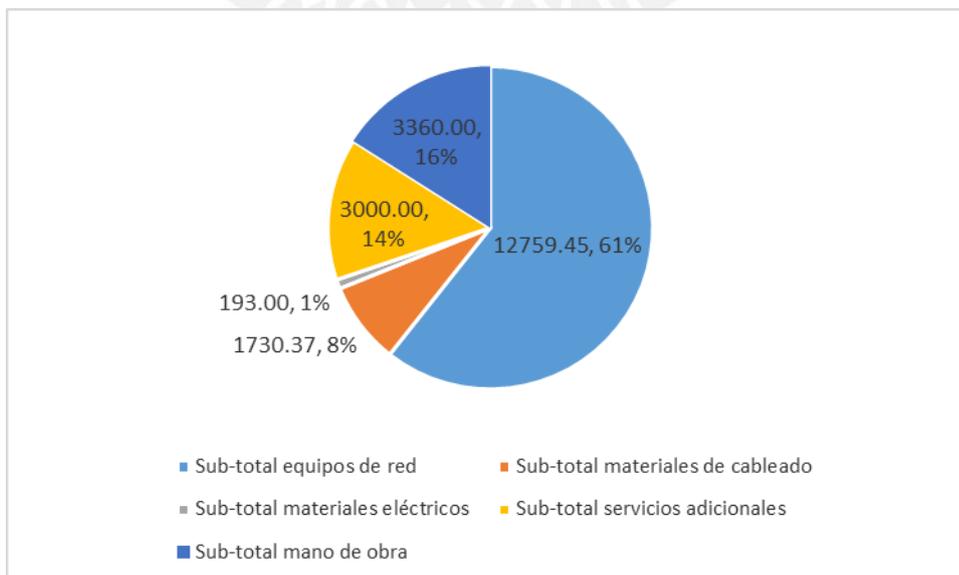
**Tabla 22:** Costo de energía eléctrica

Servicio	Veces por año	Horas por vez	Costo por hora	Costo mensual
Servicio de Internet	-	-	-	68.00
Mantenimiento de equipos de red	2	3	120.00	60.00
Mantenimiento de pozo a tierra	2	4	75.00	50.00
Mantenimiento de pararrayos	2	4	80.00	53.33
Costo de energía eléctrica	12	-	-	68.89
<b>Total (S/.)</b>				<b>300.22</b>

**Tabla 23:** Costos mensuales

Se observa que el costo total de implementación sería de S/. 21 043 y a partir de ahí, los costos mensuales serían de aproximadamente S/.300.22.

En la siguiente gráfica (**Figura 13**), se puede ver la distribución de los costos de implementación.



**Figura 13:** Distribución porcentual de costos de implementación

Se observa que la mayor parte de los costos son los equipos de red, y haciendo la revisión en la tabla 21; seguidos por los servicios de pozo a tierra y pararrayos.

#### 4.11 Beneficio en el proceso

Al considerar integrar la red propuesta con un sistema de monitoreo, se automatizaría el proceso de tomar muestras en cada poza, el cual toma actualmente 3 horas diarias y 66 horas al mes, de un operador. Además, en caso que se cometa un error en la medición de temperatura, O<sub>2</sub> o CO<sub>2</sub>; puede generarse la pérdida de alevines, perjudicando la eficiencia del proceso. Por otro lado, el disponer de acceso en tiempo real a la producción (ejm.via VPN), permitiría fácilmente cerrar transacciones de venta estando fuera del centro.



## CONCLUSIONES

- La red propuesta es capaz de soportar crecimiento a futuro. Sobre esta, se pueden añadir más componentes para aumentar la cobertura cableada o inalámbrica. Además, se pueden montar servicios como una red de sensores capaces de sensorar los parámetros que se requieren de las pozas o un portal web con información actualizada sobre la producción.
- Las implementaciones realizadas en zonas selváticas deben considerar que los dispositivos, especialmente los WAP; sean apropiados para soportar las condiciones particulares de humedad, alta temperatura, lluvia y tormentas eléctricas. Muchos fabricantes manejan líneas especializadas para esas condiciones pero con un precio mayor, afectando la viabilidad económica. La protección eléctrica debe considerar el uso de pararrayos y su mantenimiento.
- El trabajo en el centro acuícola se realiza artesanalmente, con cuidado y dedicación. El uso de la tecnología es beneficioso para mejorar los tiempos de monitoreo y cantidad de personal requerido. Sin embargo, se sugiere capacitar cuidadosamente al personal para que la transición en el método de trabajo sea fluida y en corto tiempo.

## RECOMENDACIONES

- Instalar los equipos de red en gabinetes cerrados y con llave para evitar la manipulación física innecesaria. Además, considerar la ventilación y temperatura de los equipos dentro del gabinete.
- Elaborar un procedimiento para guardar periódicamente la configuración de los equipos de red.
- Realizar un mantenimiento preventivo al menos dos veces al año.
- Realizar revisiones de coberturas anuales, con el objetivo de confirmar que no haya cambios o disminución en la cobertura de la red Wireless por cambios físicos o nuevas fuentes de radiación.
- Verificar anualmente el consumo eléctrico con el objetivo de confirmar que el diseño eléctrico conserve vigencia.
- Elaborar un procedimiento de mantenimiento y actualización de credenciales de administración en los equipos de red.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] CAMPOS, Luis, GUERRA, Humberto y ALCANTARA, Fernando  
1995 *Manual de Piscicultura*. Iquitos: IAAP
- [2] CAR, Joseph  
1996 *Microwave and Wireless Communications Technology*  
EEUU: Butterworth-Heinemann
- [3] CASTAÑEDA APHAN, Luis  
1994 *Desarrollo de los conceptos fundamentales de las comunicaciones vía satélite y su aplicación a las telecomunicaciones rurales*. Tesis de pregrado en Ingeniería Electrónica. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.
- [4] CISCO SYSTEMS INC  
2014 *802.11ac: The Fifth Generation of Wi-Fi. Technical White Paper*  
EEUU: Cisco Press  
Disponible: [http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-3600-series/white\\_paper\\_c11-713103.pdf](http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-3600-series/white_paper_c11-713103.pdf)>
- [5] CISCO SYSTEMS INC  
2003 Cisco Networking Academy Program  
*Fundamentals of Wireless LANs v1.0*
- [6] CISCO SYSTEMS INC  
2015 *Cisco SFP Modules for Gigabit Ethernet Applications*  
EEUU: Cisco Press  
Disponible: [http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/interfaces-modules/gigabit-ethernet-gbic-sfp-modules/product\\_data\\_sheet0900aecd8033f885.pdf](http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/interfaces-modules/gigabit-ethernet-gbic-sfp-modules/product_data_sheet0900aecd8033f885.pdf)>
- [7] CISCO SYSTEMS INC  
2005 *Introduction to Optical Fibers, dB, Attenuation and Measurements*  
Document ID 29000. EEUU: Cisco Press
- [8] DIAZ UBILLÚS, Patricia

- 2001 *Diseño de una red de telecomunicaciones rurales para localidades del departamento de Puno empleando un sistema radioeléctrico digital punto multipunto.* Tesis de pre-grado en Ingeniería Electrónica. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.
- [9] DULANTO RAMOS, Luis  
2011 *Diseño de un sistema de monitoreo remoto de parámetros ambientales críticos de la planta piloto de acuicultura de la PUCP.* Tesis de pre-grado en Ingeniería Electrónica. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.
- [10] ENERGY SOLUTIONS  
2014 *Tabla de área nominal vs corriente*  
Consulta: octubre de 2014  
Disponible: [http://www.energy-solutions.co.uk/cable\\_conductor.html](http://www.energy-solutions.co.uk/cable_conductor.html)>
- [11] FONDEPES  
2004 *Manuel de cultivo de gamitana.*  
1era edición. Lima: Alfredo R. Palomino
- [12] FONDEPES  
1999 *Memoria anual 1999*  
1era edición. Lima: FONDEPES
- [13] GRUPO TINAMENOR  
Portal de Internet. España. Consulta: enero de 2006.  
Disponible: <<http://www.tinamenor.es>>
- [14] HUCABY, David  
2014 *CCNP Routing and Switching SWITCH 300-115 Official Cert Guide.*  
EEUU: Cisco Press
- [15] IEEE  
2014 *Wireless Standards Zone*  
Disponible: <<http://standards.ieee.org/wireless/>>
- [16] IMPORCOSA

- 2014 *Instalación y mantenimiento de pararrayos*  
Consulta: octubre de 2014  
Disponible: <[http://www.imporcosa.com/v1/cp/pServ\\_paraRayos.php](http://www.imporcosa.com/v1/cp/pServ_paraRayos.php)>
- [17] INDECOPI  
1999 *Resumen de normas técnicas peruanas del sistema de conexión a tierra.* 9 pgs.  
Disponible: <[http://www.procobre.org/archivos/peru/normas\\_tecnicas\\_p\\_eruanas\\_sistema\\_tierra.pdf](http://www.procobre.org/archivos/peru/normas_tecnicas_p_eruanas_sistema_tierra.pdf)>
- [18] INSTITUTO TECNOLÓGICO DE JIQUILPAN  
2013 *Fundamentos de telecomunicaciones.* Documento de trabajo.  
Jiquilpan.  
Disponible: <<http://es.scribd.com/doc/144759402/Radio> >
- [19] LIGHTNING ROD PARTS  
2014 *Installation Details*  
Consulta: octubre de 2014  
Disponible: <<http://www.lightningrodparts.com/installation.html>>
- [20] MITE TIGRERO, Jimmy, Franklin MONTES ZAVALA y Washington MEDINA MOREIRA  
*Diseño de una red inalámbrica para servicio de Internet para la ciudad de Guayaquil*  
Disponible: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/145/3/177.pdf.txt>
- [21] NATIONAL LIGHTNING SAFETY INSTITUTE  
2014 Consulta: setiembre de 2014  
Disponible: <<http://www.lightningsafety.com>>
- [22] SMALE, P.H y Green. D.C.  
1982 *Sistemas de Telecomunicación y Transmisión.* Madrid: Paraninfo.
- [23] SRIDHAR, T  
2008 “*Wi-Fi, Bluetooth and WiMAX – Technology and Implementation*”.  
The Internet Protocol Journal, 11(4)

- [24] SZIGETI, Tim; Hattingh, Christina; BARTON, Robert; BRILEY, Kenneth  
2013 *End-to-End QoS Network Design: Quality of Service for Rich-Media & Cloud Networks*, 2da ed, EEUU: Cisco Press.
- [25] TAO, Lang  
2005 “CESop & Wi-Fi – The perfect marriage?” *Fiberoptic Product News*.  
Volumen 20. Iss. 2; pp. 18 – 21.
- [26] TRATADO DE COOPERACION AMAZONICA (TCA) SECRETARIA PRO TEMPORE  
1996 *Piscicultura Amazónica con Especies Nativas*  
Lima, Perú: TCA
- [27] TOMASI, Wayne  
2003 *Sistemas de comunicaciones electrónicas*  
4ta ed., Mexico: Prentice Hall
- [28] VINTON G., Cerf  
2008 “A Decade of Internet Evolution”. *The Internet Protocol Journal*, 11 (2)
- [29] WIMAX FORUM  
2013 *Wimax Forum*  
Disponible: <<http://www.wimaxforum.org>>
- [30] WINCH, Robert  
1998 *Telecommunication Transmission Systems MC*. EEUU: GRAW HILL.
- [31] WLODARZ, Derrick  
2012 *How to estimate bandwidth needs for your customers*  
Technibble.com  
Consulta: octubre de 2014  
Disponible: <<http://www.technibble.com/estimate-bandwidth-needs-customers/>>