

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES



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

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE APRENDIZAJE  
MULTIMEDIA BASADO EN SOFTWARE LIBRE PARA EL INSTITUTO DE EDUCACIÓN  
SUPERIOR TECNOLÓGICO PÚBLICO NAVAL - CITEN”

Tesis para optar por el Título de Magister en Ingeniería de las  
Telecomunicaciones

Presentada por: **Eder Suclla Ardiles**

Asesor: **M. Sc. Ing. Gumercindo Bartra Gardini**

LIMA - PERÚ

2015

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de tesis es el de diseñar e implementar una infraestructura de red de área local y un sistema de gestión de aprendizaje multimedia basado en software libre para el Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Naval – CITEN, para lo cual se ha optado por una WLAN (Wireless Local Area Network) conectada al nodo principal de la Dirección General de Educación (DIREDUMAR), en el cual se encontrarán todos los servidores de las diferentes aplicaciones, uno de los cuales servirá para el alojamiento de la nueva plataforma virtual Moodle del CITEN. El objetivo mencionado, surge debido a la gran dificultad que existe en el proceso de aprendizaje y enseñanza en esta institución educativa, ya que ni alumnos ni docentes cuentan con un adecuado acceso a internet, además de no existir una plataforma virtual que brinde un adecuado canal de comunicación, evaluación e interacción entre los mismos para fines académicos.

En primer lugar se efectuó el diseño de la infraestructura de la red WLAN, con un modelo de arquitectura abierta y topología estrella, centralizado en un switch core de capa 3, el cual se conecta a través de 5 troncales de fibra óptica a 5 switches de tipo 2 que proveerán de señal a todos los edificios del área académica. Además existen 5 switches de tipo 3 para llegar a laboratorios y talleres. Para el despliegue de los puntos de acceso (AP) se ha usado el diseño por capacidad, el cual supone la instalación de un AP por cada ambiente, en total se desplegarán 90 puntos de acceso.

Posteriormente se ha efectuado la evaluación heurística de la plataforma Moodle actual del CITEN, la cual arrojó 13 diferentes problemas, varios de los cuales han sido calificados con criterios de severidad, frecuencia y criticidad bastante altos. En tal sentido, dicha evaluación evidenció la necesidad de contar con una nueva plataforma para la gestión de aprendizaje. Es así como se escoge a Moodle por sus particulares características, su gran difusión a nivel mundial, su potencialidad y continuo desarrollo. La nueva plataforma virtual se ha diseñado y personalizado de manera tal de cubrir todos los problemas encontrados en la plataforma actual, por lo tanto el nuevo “Campus virtual CITEN” cuenta con un diseño amigable, de fácil acceso, dinámico, atractivo y funcional para docentes y alumnos.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES .....</b>	<b>7</b>
<b>1.1. Planteamiento del Problema .....</b>	<b>7</b>
<b>1.2. Hipótesis .....</b>	<b>7</b>
<b>1.3. Objetivo .....</b>	<b>8</b>
1.3.1 Objetivo Principal .....	8
1.3.2 Objetivos Secundarios .....	8
<b>1.4. Marco Teórico .....</b>	<b>8</b>
1.4.1 E-Learning .....	8
1.4.2 Sistema de Gestión de Contenidos-CMS (Content Management System) 9	9
1.4.3 Sistema de Gestión de Aprendizaje-LMS (Learning Management System) 10	10
1.4.4 Sistema de Gestión de Contenidos de Aprendizaje-LCMS (Learning Content Management System) .....	11
1.4.5 Redes Inalámbricas y su clasificación .....	13
1.4.6 Estándares IEEE 802.11 .....	15
<b>1.5 Estado del Arte .....</b>	<b>18</b>
1.5.1 CMS, LMS y LCMS .....	18
1.5.2 Redes inalámbricas WLAN .....	19
<b>CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1. El Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Naval – CITEN 21</b>	<b>21</b>
2.1.1. Acerca del CITEN .....	21
2.1.2. Ubicación Geográfica .....	22
2.1.3. Peculiaridades de un Instituto de Formación Militar .....	23
<b>2.2. Tecnologías de la información y comunicación (TIC) existentes..... 24</b>	<b>24</b>
2.2.1. WAN Naval .....	24
2.2.2. Página Web del CITEN .....	26
<b>2.3. Metodología de enseñanza actual .....</b>	<b>27</b>
<b>2.4. Instalaciones, usuarios y requerimientos de cobertura .....</b>	<b>30</b>
<b>CAPÍTULO 3: INGENIERÍA DEL PROYECTO .....</b>	<b>33</b>
<b>3.1. Modos de Acceso .....</b>	<b>33</b>
3.1.1. Modo Alámbrico .....	33

3.1.2. Modo Inalámbrico.....	34
<b>3.2. Perfil de Acceso .....</b>	<b>34</b>
<b>3.3. Red de Transporte .....</b>	<b>34</b>
<b>3.4. Red de Distribución .....</b>	<b>38</b>
<b>3.5. Red de Acceso.....</b>	<b>40</b>
3.5.1 Diseño por cobertura .....	40
3.5.2 Diseño por capacidad .....	42
<b>3.6. Wireless LAN Controller (WLC).....</b>	<b>45</b>
<b>3.7. Seguridad de la Red .....</b>	<b>46</b>
3.7.1 Seguridad de Acceso.....	46
3.7.2 Seguridad Física.....	52
3.7.3 Seguridad Perimetral.....	53
<b>3.8. Data Center CITEN.....</b>	<b>54</b>
<b>3.9. Dimensionamiento del tráfico .....</b>	<b>54</b>
<b>CAPÍTULO 4: DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE APRENDIZAJE MULTIMEDIA 59</b>	
<b>4.1. Alojamiento de la plataforma.....</b>	<b>59</b>
<b>4.2. Evaluación de la plataforma Moodle actual.....</b>	<b>59</b>
<b>4.3. Análisis de las principales plataformas de enseñanza virtual libres 65</b>	
4.3.1 Sakai .....	65
4.3.2 Claroline .....	69
4.3.3 Moodle .....	71
<b>4.4. Diseño de la plataforma virtual de educación .....</b>	<b>73</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXO 1.....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXO 2.....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXO 3.....</b>	<b>90</b>
<b>ANEXO 4.....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXO 5.....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXO 6.....</b>	<b>96</b>
<b>ANEXO 7.....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXO 8.....</b>	<b>101</b>
<b>ANEXO 9.....</b>	<b>105</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>112</b>

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años el crecimiento de las redes LAN de tipo inalámbricas, más conocidas como WLAN o redes Wi-Fi, ha sido exponencial debido a los beneficios y ventajas que tienen respecto a aquellas cableadas, entre ellas la movilidad, flexibilidad, escalabilidad, facilidad y menor costo de despliegue, etc. Para darse cuenta de la magnitud de la proliferación actual de este tipo de redes, basta con situarnos en cualquier punto de la ciudad y encender nuestro dispositivo inalámbrico para verificar la cantidad de redes disponibles. Sin embargo una de las principales desventajas de este tipo de redes es la vulnerabilidad a ser atacadas, en otras palabras la seguridad de la red. Es por esto que, los mecanismos de seguridad para contrarrestar los diferentes tipos de ataques, han ido evolucionando y desarrollándose en el tiempo para poder estar siempre un paso adelante de los intrusos.

El uso y aplicación de las redes WLAN en la actualidad es diverso, siendo uno de éstos en las entidades educativas públicas y privadas de todo nivel, ya que las ventajas de este tipo de redes, mencionadas en el párrafo anterior, la convierten en la más apropiada para cumplir con los requerimientos que demanda el personal administrativo, docente y alumnado. Sin embargo el despliegue de una WLAN en una institución educativa debe ir acompañado de la implementación de un sistema de gestión de aprendizaje que permita al alumno y al docente interactuar constantemente de una manera sencilla, rápida y eficiente, con la finalidad de optimizar el proceso de aprendizaje y de enseñanza. En la actualidad existe una variada oferta de este tipo de sistemas LMS (Learning Management System), muchos de los cuales son gratuitos y tienen prestaciones satisfactorias y suficientes. El aprovechamiento y explotación de un software gratuito se hace aún más necesario cuando los recursos económicos son escasos. Este puede ser el caso de diferentes entidades educativas del sector público de nuestro país, en las cuales se puede lograr un ahorro significativo de dinero, sin descuidar las prestaciones, con el uso adecuado de este tipo de plataformas tipo LMS de uso libre.

El Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Naval – CITEN es la entidad educativa de la Marina encargada de la formación militar, física, moral y académica del personal subalterno, para que luego de tres años puedan graduarse como Oficiales de Mar y desempeñarse adecuadamente en el servicio naval.

El presente trabajo se ha articulado en cuatro capítulos, en el primero de los cuales veremos los aspectos generales, es decir, el planteamiento del problema, la hipótesis, los objetivos, el marco teórico y el estado del arte. En

el segundo capítulo se efectuará un diagnóstico de la situación actual del CITEN en términos de TICs y de metodología de enseñanza. En el capítulo tercero se desarrollará la ingeniería del proyecto, es decir se realizará el estudio del tipo de red, características y seguridad de la misma. Para terminar, en el capítulo cuatro se efectuará un diagnóstico de la plataforma Moodle actual y se explicará el desarrollo de la nueva plataforma propuesta.



# CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES

## 1.1. Planteamiento del Problema

El Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Naval - CITEN es el alma mater del personal subalterno de la Marina de Guerra del Perú, en el cual se forma militar, física y académicamente a los alumnos navales por un periodo de tres años. En ese sentido se hace evidente la importancia de que dicho centro de estudios cuente con infraestructura y herramientas académicas de calidad y acordes a los tiempos actuales. Sin embargo, el instituto en cuestión, carece de algunas de ellas, como son la falta de acceso a internet y de un sistema de gestión de aprendizaje multimedia.

Esta situación genera el siguiente problema, del cual se ocupará este estudio: el proceso de aprendizaje y enseñanza se ve seriamente afectado y se hace cada vez más difícil de sobrellevar, ya que ni alumnos ni docentes cuentan con un acceso adecuado a la gran cantidad de información académica que se encuentra en internet, además de no existir una plataforma virtual que sirva como canal de comunicación, evaluación e interacción entre los mismos para temas inherentes a los cursos que se dictan.

## 1.2. Hipótesis

De lo anteriormente expuesto, se evidencia la necesidad de contar con una infraestructura de red que sirva a alumnos y docentes para el acceso a internet y a un sistema de gestión de aprendizaje. Esta infraestructura de red debe soportar diversos puntos de acceso, cientos de usuarios, además de ser segura, escalable y de gestión centralizada.

Para satisfacer este tipo de necesidad, se plantea el diseño e implementación de una red de área local de arquitectura abierta y

topología estrella, con puntos de acceso alámbricos e inalámbricos, con una salida a internet dedicada a través de un data center principal a ser contratada con un operador local. Además se debe diseñar e implementar una plataforma de gestión de aprendizaje multimedia basada en software libre para poder lograr la interacción y comunicación constante entre docentes y alumnos.

### 1.3. Objetivo

#### 1.3.1 Objetivo Principal

Diseñar e implementar una infraestructura de red de área local y un sistema de gestión de aprendizaje multimedia basado en software libre para el Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Naval - CITEN.

#### 1.3.2 Objetivos Secundarios

- Conocer y evaluar las necesidades y peculiaridades de un instituto de formación militar como lo es el CITEN.
- Conocer la situación y problemática actuales respecto a las TIC's (Tecnologías de la información y la comunicación) en el CITEN.
- Identificar las necesidades de acceso, seguridad y gestión necesarias para un sistema de este tipo.
- Diseñar y dimensionar la arquitectura de red de acuerdo al requerimiento de los usuarios además de establecer la ubicación de los puntos de acceso.
- Evaluar la plataforma Moodle actual del CITEN y verificar si cumple con los objetivos de enseñanza, aprendizaje e interacción entre docentes y alumnos.
- Analizar los principales softwares con licencia libre del mercado para determinar el más adecuado para nuestro proyecto.
- Implementar mecanismos de seguridad adecuados para evitar el acceso a la red y/o sistema por parte de personas ajenas a la institución.

### 1.4. Marco Teórico

#### 1.4.1 E-Learning

La enseñanza virtual u online, más conocida como E-Learning, es definida por la Fundación para el Desarrollo de la Función Social de las Comunicaciones (FUNDESCO) como: "Un sistema de impartición de formación a distancia, apoyado en las TICs que combina distintos elementos pedagógicos: instrucción clásica (presencial o autoestudio), las prácticas, los contactos en tiempo real (presenciales,

videoconferencias o chats) y los contactos diferidos (tutores, foros de debate, correo electrónico)" (Montalvo 2013: 7).

De esta definición podemos deducir que el E-learning se entiende como un método de enseñanza que sólo abarca la formación a distancia (no presencial). Este último no es nuestro caso, ya que la formación impartida en el CITEN es presencial, y lo que se quiere lograr es que ésta también tenga una parte virtual, por lo que la definición de B-Learning (Blended Learning) se adapta más a nuestro caso. El B-Learning (formación combinada), consiste en un proceso docente semipresencial; esto significa que un curso dictado en este formato incluirá tanto clases presenciales como actividades de E-learning. Como cabe esperar de un método de enseñanza que nace como la fusión de otros dos métodos, el B-Learning intenta agrupar las ventajas de la enseñanza presencial y a distancia. Algunas de sus ventajas son (Macías 2010: 15):

- Optimización del tiempo presencial: se reduce el tiempo que el profesor tiene que interactuar cara a cara con los alumnos,
- Aumenta el número de alumnos.
- Promueve la retroalimentación.
- Se enfoca en el objetivo de aprendizaje más que en el medio de llevarlo a cabo.
- El alumno cuenta en todo momento con el seguimiento del profesor.
- Diversidad en cuanto a las técnicas y metodologías de enseñanza.
- Desarrollar habilidades de pensamiento crítico.
- Flexibilidad.
- Optimización pedagógica.
- Permite resolver problemas desde diferentes enfoques.

#### **1.4.2 Sistema de Gestión de Contenidos-CMS (Content Management System)**

Un sistema de gestión de contenidos es un software para la gestión de sitios webs integrados que permite realizar el proceso documental de manera completa. Esto implica la adquisición, elaboración, difusión de información en formato y contenidos digitales y por supuesto, la comunicación entre todos los usuarios del sistema. De manera resumida es un sistema que facilita la gestión de webs, motivo por el que también son llamados Gestores de Contenido Web o WCM (Web Content Management) (Osuna 2010: 67).

El CMS está formado por 2 elementos:

- La aplicación gestora de contenidos (CMA): El elemento CMA permite al gestor de contenidos realizar la creación, modificación y eliminación de contenido en un sitio Web sin necesidad de tener conocimientos de lenguaje HTML.
- La aplicación dispensadora de contenidos (CDA): El CDA usa y compila la información para actualizar el sitio Web (CAÑELLAS 2012: 1).

Este sistema nos permite gestionar de manera simple y eficiente un sitio web que se actualiza constantemente y permite la edición del mismo por diferentes personas, convirtiéndolo en un sistema dinámico, en el cual se lleva a cabo la creación de un producto de forma integrada, interactiva y colaborativa, reduciendo los costos y evitando la duplicación de esfuerzos. Además se puede manejar el contenido y el diseño de manera independiente, es decir se puede gestionar el contenido y modificar el diseño del sitio sin tener que darle nuevamente formato a todo el contenido.

Cabe mencionar que actualmente existen diferentes opciones de CMS que se ajustan a las necesidades de cada persona o institución, así tenemos los dirigidos al sector empresarial y los de publicación individual o CMS para diferentes tipos de sistemas operativos (Linux, Windows, etc.) y que pueden tener costos elevados o hasta ser gratuitos (open source).

#### **1.4.3 Sistema de Gestión de Aprendizaje-LMS (Learning Management System)**

Un LMS es un software que automatiza la administración de acciones de formación. Las funcionalidades de un LMS son diversas: registra a todos los actores que intervienen en el acto de aprendizaje (alumnos, profesores, administradores, etc.), organiza los diferentes cursos en un catálogo, almacena datos sobre los usuarios, realiza un seguimiento del aprendizaje y la temporización de los trámites y genera informes automáticamente para tareas de gestión específicas. También desarrolla procesos de comunicación, e incluso algunos LMS permiten posibilidades de autoría de contenidos (estos serían los Sistemas de Gestión de Contenidos de Aprendizaje-LCMS que veremos más adelante) (Cañellas 2012: 1).

Otras definiciones que nos permiten ampliar y aclarar aún más lo dicho en el párrafo anterior son las siguientes: "es un programa que permite organizar materiales y actividades de formación en cursos, gestionar la matrícula de los estudiantes, hacer seguimiento de su proceso de aprendizaje, evaluarlos, comunicarse con ellos mediante

foros de discusión, chat o correo electrónico, etc., es decir, permite hacer todas aquellas funciones necesarias para gestionar cursos de formación a distancia (aunque pueden usarse como complemento en la enseñanza presencial)" y "es una aplicación de software que asegura la correcta administración, control, documentación y reporte de programas de enseñanza, aulas interactivas, chats interactivos y contenido de aprendizaje" (George S/A: 5).

Un LMS proporciona por tanto:

- Tecnologías transmisivas: por ejemplo mediante una presentación que se agregue al curso.
- Tecnologías interactivas: mediante cuestionarios, actividades, etc.
- Tecnologías colaborativas: mediante foros, wikis, etc. (Cañellas 2012: 2).

Al igual que en el caso de los CMS, actualmente existen diversos LMS para cada gusto, necesidad o bolsillo, que cuentan con las diferentes funcionalidades y bondades anteriormente expuestas, sin embargo éstas no permiten la creación y generación adaptada de los cursos online, siendo su principal factor de desventaja el ser simples plataformas de distribución mas no de creación. Es por esto que, para suplir este inconveniente, surgen los LCMS.

#### **1.4.4 Sistema de Gestión de Contenidos de Aprendizaje-LCMS (Learning Content Management System)**

Un LCMS es un software que nos ofrece la característica de un LMS de gestionar cursos sumado a las capacidades de un CMS de almacenar y crear contenidos. En estos sistemas los desarrolladores tiene la posibilidad de guardar, reutilizar, crear, administrar y entregar contenidos de aprendizaje desde un repositorio central de objetos.

Tal y como se define específicamente en Wikipedia: "el LCMS se utiliza para crear y manejar el contenido de una parte de un programa de educación, por ejemplo un curso". Normalmente se crean partes de contenido en forma de módulos que se pueden personalizar, manejar, y que se pueden usar en diferentes ocasiones (son los denominados objetos de aprendizaje u OAs). Así, en lugar de apoyar el desarrollo totalizador de cursos, lo que hace un LCMS es ayudar a diseñadores a crear módulos o bloques de contenido reutilizable (OAs), que luego se distribuirán, según convenga en cada caso, por los diseñadores de los cursos (Cañellas 2012: 2).

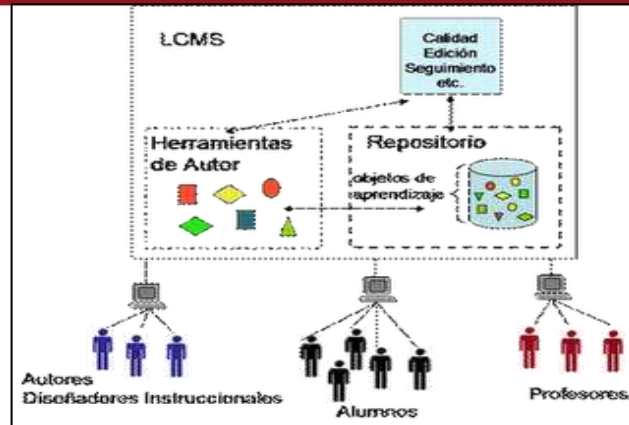


Figura 1: Estructura y funcionamiento de un LCMS<sup>1</sup>.

Es importante resaltar que los Sistemas de Gestión de Contenidos de Aprendizaje (LCMS) y los Sistemas de Gestión de Aprendizaje (LMS) son dos sistemas diferentes, pero tienen en general diversas características comunes. La mayoría de los LCMS proporcionan la funcionalidad básica de un LMS, y muchos LMS incluyen algunos aspectos de gestión de contenidos también. El objetivo principal de un LMS es la gestión de alumnos, hacer seguimiento de su progreso y rendimiento en todo tipo de actividades de formación. Por el contrario, un LCMS maneja contenido u objetos de aprendizaje que son ofrecidos para un determinado alumno en el momento adecuado (Süral 2010: 2). En la siguiente tabla se ha efectuado una comparación entre las funcionalidades ofrecidas por los sistemas en cuestión (Hilera y Hoya 2010: 31):

Funcionalidad	LMS	LCMS
Usuarios principales	Gestores del aprendizaje, Profesores, Administradores.	Desarrolladores y diseñadores de contenidos educativos.
Provee herramientas para la gestión primaria de...	Estudiantes	Contenidos educativos
Realiza gestión de las clases, del aprendizaje...	Sí. Pero no siempre	No
Realización de informes del aprendizaje...	Es una de las tareas principales.	Es una tarea secundaria.
Colaboración con el estudiante	Sí	Sí
Guarda datos de los perfiles de los estudiantes	Sí	No
Comparte los datos de los usuarios con otros sistemas	Sí	No
Planificación de eventos	Sí	No
Control de competencias, análisis de las habilidades	Sí	Sí, en algunos casos.
Capacidades de creación de contenidos	No	Sí
Organización de contenidos reutilizables	No	Sí
Creación de preguntas de evaluación y gestión de test	Si, en la mayoría de los casos.	Si, en la mayoría de los casos.
Pre-evaluación dinámica y enseñanza adaptable	No	Sí
Herramientas de gestión de aprendizaje para el proceso de desarrollo de contenidos	No	Sí
Entrega de los contenidos, proporcionando controles de navegación e interfaces para el alumno	No	Sí

Tabla1: Comparación de un LMS y un LCMS.

<sup>1</sup> Fuente: <http://www.ecured.cu/>.

#### 1.4.5 Redes Inalámbricas y su clasificación

Podemos partir de la definición que da la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) de red: "Es un sistema de comunicaciones que permite que un número de dispositivos independientes se comuniquen entre sí" (López, 2007: 2). Basándonos en dicha definición, podemos decir que una red inalámbrica es aquella red en la cual la comunicación e intercambio de información entre los diferentes terminales que la conforman se da a través de ondas electromagnéticas. La emisión y recepción de estas ondas se da gracias a diversos tipos de antenas.

Las redes inalámbricas por lo tanto permiten la comunicación entre dispositivos sin necesidad de instalar cableado o terminales fijos, lo cual conlleva a un significativo ahorro de dinero, mayor comodidad, flexibilidad y sobretodo movilidad. Sin embargo también presenta ciertas desventajas como la mayor vulnerabilidad y la menor velocidad de transferencia de datos.

Inicialmente las redes inalámbricas se desarrollaron en base a radioenlaces, y posteriormente aparecieron las primeras redes propietarias portátiles, estando el desarrollo actual normado para que la tecnología pueda ser utilizada independientemente de cuál es el fabricante de los equipos. Las normas han surgido en base a estándares regulados por diferentes organizaciones como la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), la UIT (Union Internacional de Telecomunicaciones) y la IETF (Internet Engineering Taskforce) (Barrenechea 2011: 17).

Las redes inalámbricas se pueden clasificar teniendo en cuenta como parámetro principal su rango de cobertura. Así tenemos:

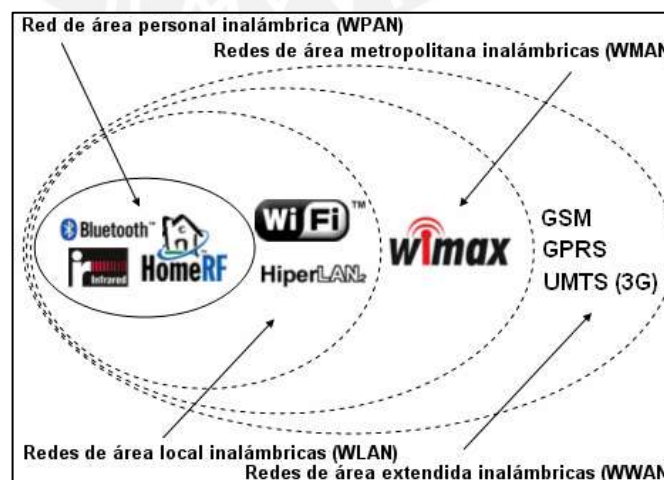


Figura 2: Clasificación de redes inalámbricas según su cobertura<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Fuente: <http://es.kioskea.net/contents/818-redes-inalambricas>.

#### 1.4.5.1 Redes inalámbricas de área personal (WPAN)

Estas redes son de muy corto alcance (decenas de metros) y, como su nombre lo dice, son adecuadas para una o algunas personas, las cuales pueden conectar entre sí diferentes dispositivos periféricos o de uso personal tales como impresoras, celulares, computadoras y electrodomésticos.

En este tipo de redes existen diferentes tecnologías como HomeRF y Bluetooth. Esta última es la principal, la velocidad máxima que puede alcanzar es de 1 Mbps con un alcance máximo de 100 metros (Bluetooth 4.0). El estándar IEEE 802.15 es el que define esta tecnología que tiene la ventaja de tener un bajo consumo de energía, lo cual resulta adecuado para ser usada en dispositivos portátiles.

#### 1.4.5.2 Redes inalámbricas de área local (WLAN)

Una WLAN es aquella red inalámbrica cuya cobertura abarca un área más extensa respecto a una WPAN, pudiendo esta área ser una oficina o salones de clases, una casa, etc. Esta red es flexible y muy utilizada como alternativa a las LAN cableadas o como extensión de las mismas. La norma que describe todos los parámetros para estas redes es la IEEE 802.11, la cual a su vez tiene diferentes estándares que describiremos más adelante.

El hecho que este tipo de red sea inalámbrica proporciona al usuario una gran movilidad sin perder conectividad, además de la facilidad de instalación y el ahorro que supone la supresión del medio de transmisión cableado. Sin embargo, no necesariamente las redes inalámbricas remplazarán a aquellas cableadas, ya que estas últimas ofrecen seguridad y velocidades de transmisión mayores.

En tal sentido, uno de los objetivos principales de las WLAN es el de permitir algunas facilidades adicionales con las que no cuentan los sistemas cableados y formar así una red mayor donde coexistan los dos tipos de redes, es decir se puede formar una especie de "Red Híbrida", donde coexistan las LAN cableadas e inalámbricas. Se puede, por ejemplo, considerar que el sistema cableado sea la parte principal de la red y la inalámbrica en la parte de acceso para proporcionar movilidad al usuario final.

#### 1.4.5.3 Redes inalámbricas de área metropolitana (WMAN)

También se conocen como bucle local inalámbrico (WLL, Wireless Local Loop). Las WMAN se basan en el estándar IEEE 802.16.d Los bucles locales inalámbricos ofrecen una alternativa de comunicación entre varios edificios de oficinas de una ciudad o en un campus universitario, algo muy útil para compañías. La mejor red inalámbrica de área metropolitana es WiMAX, que puede alcanzar una velocidad aproximada de 70 Mbps en un radio de varios kilómetros (Barrenechea 2011: 21).

#### 1.4.5.4 Redes inalámbricas de área extensa (WWAN)

Una WWAN es una red que abarca una gran área geográfica, que puede llegar a ser un país o un continente. En este tipo de redes los clientes son los que poseen los hosts (ejemplo: teléfono celular), mientras las grandes compañías son las que operan la red de comunicación entre ellos. Un ejemplo de este tipo de red es la red celular en la cual los teléfonos móviles están conectados a una de estas redes las cuales son administradas por grandes operadores como Vodafone, AT&T, Telefónica, etc.

Algunas de las tecnologías usadas en este tipo de redes son: GSM (Global System for Mobile Communication), GPRS (General Packet Radio Service), UMTS (Universal Mobile Telecommunication System), LTE (Long Term Evolution), etc.

#### 1.4.6 **Estándares IEEE 802.11**

El estándar IEEE 802.11 define el uso de los dos niveles inferiores de la arquitectura OSI (capas física y de enlace de datos), especificando sus normas de funcionamiento en una WLAN.

Este estándar, al que equivocadamente se le conoce como Wi-Fi<sup>3</sup>, fue definido en 1997 para reemplazar la conexión alámbrica Ethernet con una conexión inalámbrica.

En cuanto a la capa física, este estándar incluye definiciones para el procedimiento de convergencia de la misma (Physical Layer Convergence Procedure - PLCP) y las subcapas dependientes del medio (Physical Medium Dependent - PMD). Asimismo define los

---

<sup>3</sup> Wi-Fi es en realidad una marca de la Wi-Fi Alliance, la organización comercial que adopta, prueba y certifica que los equipos cumplen los estándares 802.11.

protocolos de la capa MAC mediante CSMA/CA (Acceso múltiple por detección de portadora evitando colisiones).

Con estas especificaciones se podían tener velocidades de 1 y 2 Mbps con una modulación DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum), aunque también existía otro tipo de modulación, la FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum). La transmisión se efectuaba en la banda Industrial, Scientific and Medical (ISM)<sup>4</sup> de 2,4 GHz.

A continuación se definen la familia de estándares 802.11x que se consideran de mayor interés para el presente estudio:

#### 1.4.6.1 802.11a

Definió los requerimientos para la capa física con Ortogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) de 52 portadoras. Opera en la banda de 5 GHz con una velocidad máxima de 54 Mbps que realmente se reduce a unos 20 Mbps. Originalmente ofrecía 12 canales de frecuencia no solapados, 8 usados en interior y 4 para conexiones punto a punto en exterior y de las 52 portadoras, 48 son para datos y 4 portadoras piloto.

Entre las ventajas y desventajas de 802.11a tenemos:

- La banda de 5 GHz no está tan usada y con posible interferencia de otros aparatos como la de 2,4GHz.
- Las frecuencias más altas permiten la construcción de antenas más pequeñas con una mayor ganancia del sistema.
- OFDM tiene ventajas de propagación en entornos de trayectos múltiples (rebotes).
- El radio de cobertura de la banda de 5 GHz es significativamente menor que el de 2,4 GHz ya que las señales son fácilmente absorbidas (Tena 2013: 6).

#### 1.4.6.2 802.11b

Esta corrección al estándar 802.11 utilizó el mismo método de acceso al medio CSMA/CA pero extendió la velocidad máxima de transmisión a 11 Mbps usando la misma banda de frecuencia de 2,4 GHz. Esta especificación fue comercializada como Wi-Fi y tuvo gran aceptación debido al incremento de la velocidad de transmisión y a los bajos costos de fabricación.

---

<sup>4</sup> ISM son bandas reservadas internacionalmente para uso no comercial de radiofrecuencia. Su uso es gratuito y actualmente son populares por su uso en WPAN (Bluetooth) o WLAN (Wi-Fi).

Cabe resaltar que en la práctica el máximo throughput es de 5,9 Mbps en TCP y 7,1 Mbps en UDP además que para la capa física se utiliza CCK (Complementary Code Keying).

#### 1.4.6.3 802.11g

Esta corrección a las especificaciones 802.11, aumentó la velocidad máxima a 54 Mbps con modulación OFDM (como en el 802.11a) y usó la banda de 2,4 GHz (como en 802.11b). En la práctica el throughput máximo es de 28 Mbps. Además vuelve a CCK (igual que en 802.11b) para tasas de transmisión de 5,5 y 11Mbps y DBPSK/DQPSK+DSSS para 1 y 2Mbps. El 802.11g es compatible con 802.11b aunque la presencia de nodos bajo el estándar 802.11b reduce en gran medida la velocidad de transmisión.

#### 1.4.6.4 802.11n

Es una corrección del documento 802.11-2007 que mejora los estándares 802.11 anteriores. 802.11n trabaja en las dos bandas de frecuencias de 2,4 y 5 GHz aunque esto último es opcional. La velocidad máxima de transferencia es de 600 Mbps (en la realidad 300 Mbps). Añade antenas Multiple-Input Multiple-Output (MIMO), mejoras de seguridad, frame aggregation a la capa MAC y canales de 40MHz en la capa física (Tena 2013: 7).

#### 1.4.6.5 802.11ac

En el mes de enero del 2014 se ha promovido el estándar 802.11ac, el cual permite velocidades de hasta 1.3 Gbps en la banda de 5 GHz y con un alcance superior a los anteriores. Además el ancho de banda fue ampliado hasta 160 MHz, hasta ocho flujos MIMO y modulación de alta densidad (256 QAM).

A continuación se presenta un cuadro resumen con las principales características de la familia de estándares 802.11x presentados anteriormente.

Características	802.11	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n	802.11ac
Año de estandarización	1997	1999	1999	2003	2009	2014
Transferencia en capa física (Mbps)	2	54	11	54	600	1300
Transferencia de datos (Mbps)	1.2	20	5.9	28	300	-
Banda de Frecuencia (GHz)	2.4	5	2.4	2.4	2.4 y 5	5
Capa Física	IR FHSS DSSS	OFDM	DSSS	DSSS OFDM	OFDM FHSS DSSS	OFDM
Control de Acceso al medio	CSMA/CA	CSMA/CA	CSMA/CA	CSMA/CA	CSMA/CA	SDMA
Orientado a conexión	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Modulación	DBPSK DQPSK	BPSK QPSK 16QAM 64QAM	CCK	CCK DBPSK DQPSK	BPSK QPSK 16QAM 64QAM	256QAM

Tabla 2: Estándares 802.11x <sup>5</sup>.

## 1.5 Estado del Arte

### 1.5.1 CMS, LMS y LCMS

Como se puede deducir de lo explicado en el marco teórico, un sistema de gestión de contenidos (CMS) puede tener aplicación en diferentes ámbitos (incluido el educativo), sin embargo los LMS y LCMS son sistemas creados especialmente para fines educativos. Estos dos últimos son de uso masivo en la gran mayoría de entidades educativas a nivel mundial desde hace muchos años, siendo la tendencia actual la integración de los mismos.

Un LMS se centra en la gestión de los individuos que participan en programas de E-learning, el LCMS se ocupa de la creación del contenido de E-learning y se dice que el CMS es un sistema para la gestión de cursos a partir de una base de datos central. A pesar de los matices, las soluciones de E-learning o B-learning implementadas por CMS, LMS, LCMS pueden ser una solución viable para instituciones en el desarrollo y promoción de la formación, a fin de mantener los cuatro pilares de la sociedad del conocimiento: educación, investigación, desarrollo e innovación. La oferta web de las plataformas E-learning de código abierto ha alcanzado un nivel impresionante, prestigiosas universidades e instituciones adoptan soluciones de este tipo para organizar cursos. Este hecho demuestra que estos sistemas se han convertido en instrumentos de la formación de la personalidad y la creatividad de los usuarios a través de la enseñanza personalizada y la cooperación distribuida. Sus características y funciones están en constante evolución,

<sup>5</sup> Fuente: Elaboración Propia.

condicionada sólo por los equipos de profesores, formadores y administradores de los contenidos y tecnologías de la información, lo que garantiza la portabilidad (Giurgiu, Bărsan y Mosteanu 2014: 202).

Actualmente la oferta de este tipo de plataformas es muy variada, existiendo soluciones propietarias a un determinado costo que depende del fabricante y por otro lado están las aplicaciones gratuitas de código abierto que, en la actualidad, son las más difundidas y utilizadas. Algunos ejemplos de estas últimas son: Moodle, Claroline, Dokeos, entre otras, las cuales no tienen mucho que envidiar a las soluciones propietarias.

### 1.5.2 Redes inalámbricas WLAN

En un punto anterior se ha visto el concepto y principales características de los diferentes estándares de la familia IEEE 802.11. Así, hemos podido apreciar la evolución que han tenido los mismos, empezando con el 802.11 original en 1997, pasando posteriormente por las correcciones 802.11a, b, g, n, hasta llegar al recientemente aprobado 802.11ac. Sin embargo es necesario analizar en este punto, cual es el "estado del arte", es decir cuáles son las últimas tecnologías en esta materia y cuán aceptado es su uso en la actualidad en el entorno en el cual nos desenvolvemos.

Como ya mencionado anteriormente, el estándar 802.11ac ha sido la última norma aprobada para WLAN, por lo que actualmente los dispositivos que cumplen con dicho estándar constituyen lo más avanzado en tecnología para redes locales inalámbricas. El 802.11ac es una mejora del 802.11n que asegura conexiones por encima de 1 Gbps, triplicando a su antecesor. Además, optimiza su rendimiento con un ancho de banda de 160MHz, esto se traduce en una mayor velocidad y una gran capacidad de multiconexión a un mismo router. La tecnología MIMO permite que se envíen hasta 8 flujos de datos repartidos entre al menos tres usuarios a una velocidad de 433 Mbps cada uno. Tal cantidad de velocidad es necesaria sobre todo en el caso de redes públicas.

El beamforming también forma parte de la versión 802.11n, pero 802.11ac lo define aún más. Con MIMO tenemos el problema de que si es un único dispositivo el que va conectado a tu router y tienes tres flujos de datos de 433 Mbps, estás desaprovechando dos tercios de tu capacidad. Por tanto en este caso, ¿no sería mejor un método alternativo de transmisión para concentrar la energía a un solo receptor? Es entonces cuando hacemos uso del beamforming. Uniendo estos dos conceptos es cuando nace el término beamforming multi-usuario, con el que conseguimos múltiples usuarios

conectados a una velocidad de vértigo, repartiendo el ancho de banda sólo cuando sea necesario. Qualcomm anunció sus primeros chips 802.11ac con MU-MIMO integrado a principios de abril del 2014, mientras que Quantenna lo hizo el año anterior; Asus por su parte confirmó el desarrollo de un router de cuatro salidas a 1.7 Gbps que usará chips de Quantenna (Becerra 2014: 1).

A pesar que el estándar 802.11ac representa un gran avance en el ámbito de las WLAN y otorga muchas ventajas respecto a otros, dicha norma no es en la actualidad muy utilizada, debido al poco tiempo que tiene de aprobada, a la reducida oferta de equipos que existe en el mercado y a los costos aun elevados. Además, en nuestro país, esta tecnología tomará aún mucho más tiempo en ser utilizada masivamente. Asimismo cabe resaltar que, en muchos casos, la velocidad de las conexiones contratadas o efectivas en nuestro país, es inferior a la capacidad que ofrece la norma ac.

Lo cierto es que, en la actualidad la gran mayoría de equipos y dispositivos que pueden trabajar en una red inalámbrica cumplen con los estándares 802.11b, 802.11g y 802.11n, los cuales han sido aceptados desde hace ya varios años atrás y se encuentran masificados en nuestro país y en el mundo.

## **CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN**

### **ACTUAL**

#### **2.1. El Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Naval – CITEN**

##### **2.1.1. Acerca del CITEN**

El Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Naval - CITEN es una organización educativa que se encuentra bajo el comando de la Dirección General de Educación de la Marina de Guerra del Perú (DIREDUMAR), en el cual se forma militar, física y académicamente a más de 2000 alumnos, los cuales, al término de tres años, se gradúan con una carrera técnica y reciben el grado de Oficiales de Mar.

Una vez egresado, dicho personal puede seguir con su formación profesional a través de diferentes programas académicos de calificación, entrenamiento y perfeccionamiento, los cuales se encuentran a cargo del departamento de Capacitación y Perfeccionamiento (CAPPER) del mismo CITEN.

Su organización se basa en un reglamento interno y un reglamento orgánico. A la cabeza de este centro de estudios se encuentra el Director secundado por el Subdirector quien es el encargado de la ejecución y cumplimiento de la política y disposiciones dadas por el Director. Los órganos de apoyo, como su nombre lo dice, cumplen una función de apoyo a la gestión de los órganos de dirección y de línea, ya sea en el área sanitaria, logística o administrativa. Finalmente tenemos los 4 departamentos que conforman los órganos de línea; los departamentos de formación naval, física y académica se encargan del adiestramiento de los alumnos en sus respectivas áreas durante sus 3 años de formación, mientras que el

departamento de CAPPER se encarga de la capacitación y perfeccionamiento del personal subalterno de la Marina una vez concluidos los tres años como alumnos.

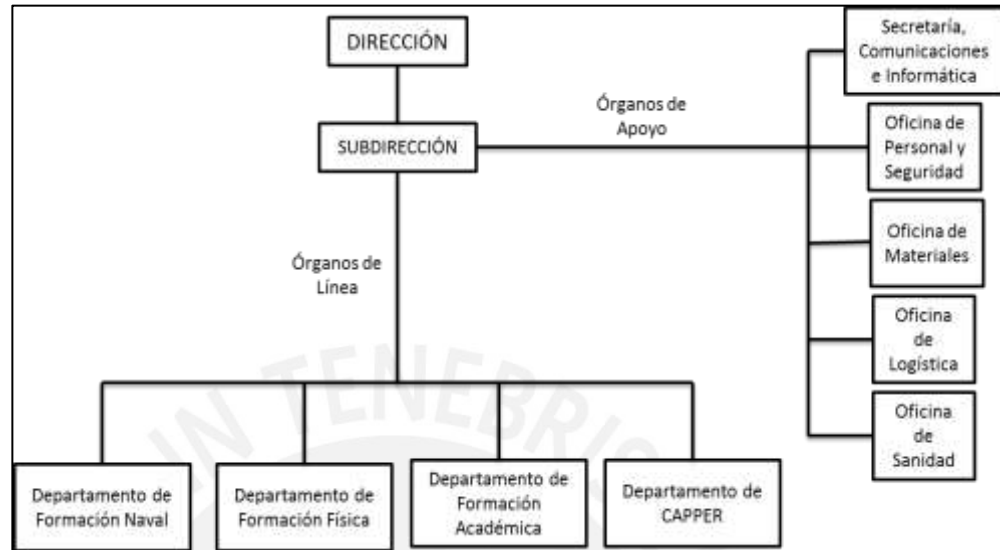


Figura 3: Organigrama del CITEN<sup>6</sup>.

Su misión y visión son las siguientes:

Misión: Formar moral, técnica y físicamente a los alumnos para lograr un alto grado de preparación profesional técnica que les permita desempeñarse eficientemente en el servicio naval al graduarse como oficiales de mar de la Marina de Guerra del Perú, así como proporcionar especialización profesional técnica, perfeccionamiento y entrenamiento al personal en los niveles correspondientes de acuerdo a las reglamentaciones vigentes y los requerimientos institucionales.

Visión: Ser una institución de educación superior de reconocido prestigio que garantice un proceso integral de formación profesional técnica basado en valores a los futuros oficiales de mar, así como la especialización profesional técnica y el entrenamiento del personal que requiera la institución de acuerdo a los avances tecnológicos y las necesidades operacionales.

### 2.1.2. Ubicación Geográfica

El CITEN se ubica sobre la Avenida Contralmirante Mora S/N – Callao, dentro de la Base Naval del Callao, cubriendo un área aproximada

<sup>6</sup> Fuente: Reglamento Orgánico del CITEN. Elaboración propia.

de 40 hectáreas. Las coordenadas geográficas de su punto central son las siguientes:

- Latitud: 12.034232° Sur
- Longitud: 77.139955° Oeste

A continuación se muestra un gráfico en donde se aprecia la ubicación del CITEN con sus coordenadas:



Figura 4: Ubicación Geográfica del CITEN<sup>7</sup>.

Es importante resaltar que la ubicación del CITEN evidencia una gran limitación para el acceso a las TIC's ya que la mayoría de puntos de conexión a las diferentes redes de los operadores del medio se encuentran fuera de la Base Naval, haciendo muy compleja y costosa una conexión física a las mismas por un tema de distancias y obras civiles a realizar. El único operador que actualmente llega con fibra dentro de la Base Naval es Telefónica.

### 2.1.3. Peculiaridades de un Instituto de Formación Militar

El CITEN al ser un Instituto de Formación Militar tiene ciertas necesidades y peculiaridades respecto a cualquier otro instituto o centro de formación para civiles que todos conocemos. En muchos casos estas particularidades van a afectar directa o indirectamente el diseño y requerimiento del sistema que vamos a plantear, en tal sentido se hace necesario detallar cada una de estas características para poder ser tomadas en cuenta:

- La tenencia y uso por parte de los alumnos de aparatos móviles, tales como celulares o tablets, se encuentra

<sup>7</sup> Fuente: Google Earth. Elaboración propia.

terminantemente prohibido, lo cual nos dice que los alumnos sólo podrán tener acceso a la red a través de un PC fija o de una laptop ya que estos dos dispositivos son los únicos autorizados por el comando para ser usados por los alumnos dentro del CITEN, obviamente durante su franco los alumnos accederán a la plataforma virtual desde cualquier tipo de dispositivo. El personal de alumnos de CAPPER y el personal docente y administrativo (pequeño porcentaje) sí puede tener acceso a la red a través de diferentes dispositivos fijos o móviles (laptops, celulares, tablets, etc.). En consecuencia tenemos que la gran mayoría de usuarios se conectarán a la red usando un solo dispositivo.

- Los alumnos del CITEN siguen una estricta rutina diaria que se debe respetar, esto nos dice que los alumnos se conectarán a la red sólo durante los horarios permitidos en la rutina y que son los siguientes: las clases se dictan de manera continua entre las 08.30 y las 13.00 horas, además hay 2 horas disponibles en las tardes (14.30 a 16.10 horas) para reprogramación de las mismas. En el periodo de 20.00 a 22.00 horas, los alumnos vuelven a sus aulas para cumplir con la rutina de estudio. Dicha rutina rige de lunes a viernes, ya que los fines de semana están destinados a la salida de franco de los alumnos. En conclusión en esas horas se cursará todo el tráfico.
- Durante los horarios académicos se encuentra prohibido el tránsito o estancia en pasillos, cafeterías, o cualquier otro ambiente diferente a las aulas, talleres o laboratorios donde se están dictando las clases, en consecuencia no se requiere cobertura de la red en ambientes externos.
- Está prohibido el acceso de los alumnos a redes sociales, páginas de adultos, páginas de apuestas, etc. Al momento de la configuración se deberá restringir el acceso a dichas páginas.

## 2.2. Tecnologías de la información y comunicación (TIC) existentes

### 2.2.1. WAN Naval

El CITEN actualmente cuenta con la señal de la denominada "WAN Naval", que proporciona los servicios de correo electrónico, intranet naval e internet (restringido), los cuales son aprovechados mayormente por el personal administrativo y de gestión de los diferentes departamentos que conforman el CITEN. Esta red es supervisada y administrada por la Dirección de Telemática de la

Marina (DIRTEL) que se encuentra situada en el Cuartel General de la Marina en el distrito de La Perla - Callao.

La señal de la WAN Naval llega al CITEN de la siguiente manera: DIRTEL, a través de un radio enlace, se conecta con Centro de Telemática del Callao - CETECAL (ubicado dentro de la Base Naval), en donde se encuentra el Core principal a partir del cual salen diferentes enlaces físicos de fibra óptica o cable UTP hacia las diferentes unidades y dependencias que se encuentran en las inmediaciones, tal como se aprecia en las figuras que se muestran a continuación:

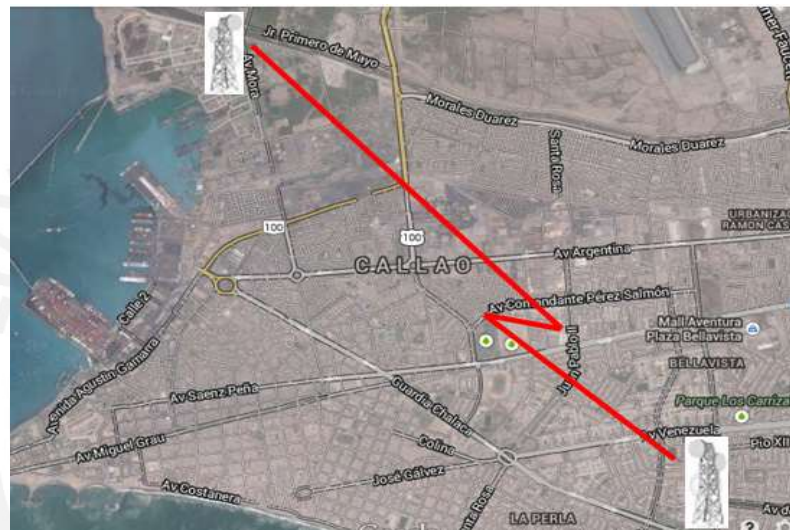


Figura 5: Radio enlace entre DIRTEL y CETECAL<sup>8</sup>.

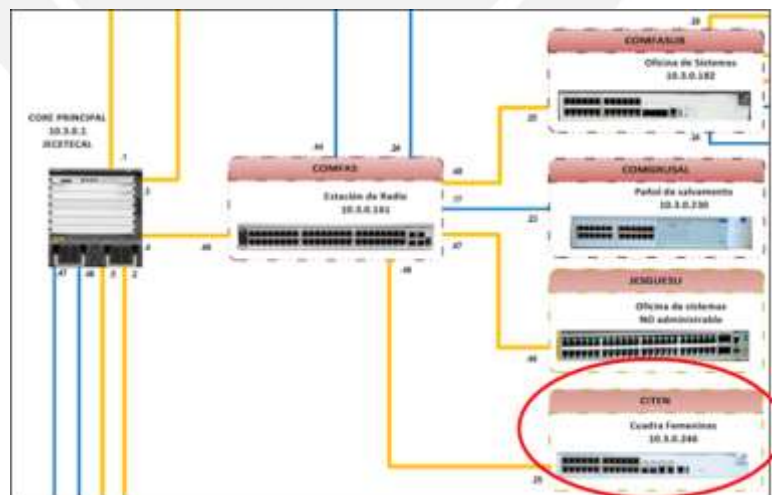


Figura 6: Enlaces de distribución desde CETECAL hacia diferentes unidades y dependencias dentro de la Base Naval del Callao<sup>9</sup>.

<sup>8</sup> Ibídem.

<sup>9</sup> Fuente: Elaboración propia.

Tal como se aprecia en esta última figura, el CITEN se conecta al Centro de Telemática del Callao (CETECAL) a través de un switch intermediario que se encuentra en la Comandancia de la Fuerza de Superficie (COMFAS), todo por medio de un enlace de fibra óptica. El punto de ingreso al CITEN se encuentra físicamente en los dormitorios de personal femenino, cercanos a COMFAS, y desde ahí salen múltiples cables UTP y uno de fibra, hacia otros switches y hacia diferentes estaciones de trabajo dentro de las instalaciones del CITEN, tal como se aprecia en el Anexo 1.

Como se dijo anteriormente, esta red es usada principalmente por el personal de oficiales y suboficiales que cumplen labores administrativas y de gestión académica dentro del CITEN. Además, tal como se aprecia en el gráfico del Anexo 1, la WAN Naval llega a cuatro laboratorios de cómputo con PC's, para que un número limitado de alumnos pueda tener acceso a internet (restringido) o a la plataforma virtual temporal, tal como se verá más adelante.

Cabe resaltar que la Dirección de Telemática de la Marina ha manifestado que cualquier tipo de red a implementarse en alguna de las dependencias o unidades de la Marina, debe ser completamente independiente de la WAN Naval, con la finalidad de evitar riesgos en cuanto a seguridad. Por lo tanto el presente estudio debe contemplar un diseño de equipos y cableado independientes y que no interfieran con la WAN Naval.

### 2.2.2. Página Web del CITEN

El CITEN cuenta con una página web en internet en la siguiente dirección electrónica: [www.citen.edu.pe](http://www.citen.edu.pe). Dicha página web se diseñó hace varios años y sobre la base de un diseño estándar de páginas webs institucionales que en su momento se creó, inclusive la página web oficial de la Marina de Guerra del Perú hasta el año 2013, contaba con este diseño estándar. Sin embargo esta página resulta poco atractiva y poco amigable, además de no tener información completa y de interés para los usuarios por lo que se recomienda un rediseño completo de la misma.

Como se puede apreciar a continuación, en esta página web se encuentran dos enlaces de interés del análisis de la situación actual, la "Plataforma Virtual" y la "Biblioteca Virtual", de ambos se tratará con mayor profundidad en el siguiente punto.



Figura 7: Página web del CITEN<sup>10</sup>.

### 2.3. Metodología de enseñanza actual

Como ya se mencionó anteriormente, al ser un centro de instrucción militar, los alumnos del CITEN llevan su periodo de formación bajo un régimen de internamiento en el cual están sometidos a una estricta rutina diaria que es de obligatorio cumplimiento y que ya se explicó anteriormente.

La formación académica dentro del CITEN, está basada en 15 planes de estudios correspondientes a las diferentes carreras técnicas que se brindan:

- Armas submarinas
- Hidrografía y Navegación
- Administrativo
- Capitanías y guardacostas
- Artillería
- Motores
- Maquinas navales
- Maniobras navales
- Servicios
- Sensores
- Electrónica
- Electricidad
- Telemática
- Policía naval
- Procesamiento de Datos

<sup>10</sup> Fuente: [www.citen.edu.pe](http://www.citen.edu.pe).

El proceso formativo del alumno se basa en seis semestres académicos de 18 semanas cada uno, durante los cuales, mediante una formación orientada a las áreas de las ciencias tecnológicas, las ciencias navales, humanidades e idiomas, se da la preparación necesaria que requiere todo futuro Oficial de Mar.

Un proceso muy importante del que forma parte el CITEN y en el cual se encuentra muy comprometido, es la acreditación académica, siendo política de carácter institucional lograr dicha meta en todos los programas de los diferentes centros de formación de la Marina. En este contexto, uno de los pasos necesarios para lograr dicha acreditación es contar con TICs adecuadas para docentes y alumnos, como plataformas virtuales de enseñanza, correo electrónico, acceso a internet, etc.

Actualmente el único programa académico del CITEN que se encuentra acreditado es el de electrónica, el cual logró dicho reconocimiento el año pasado gracias al apoyo de la Escuela Superior de Guerra Naval que cuenta con una salida dedicada a internet de 4 Mbps. En sus instalaciones se colocó un CPU que hace las veces de servidor Moodle, para que los alumnos de esta especialidad pudieran contar con una plataforma virtual de enseñanza. Actualmente existe un único lugar desde el cual los alumnos pueden tener acceso a dicha plataforma: los cuatro laboratorios de cómputo, cuyas PC's logran la salida a internet mediante la WAN Naval. Sin embargo esta solución es temporal ya que no es la adecuada y atenta contra las normas de la Dirección de Telemática y si en su momento se hizo, fue para poder cumplir con los requisitos que exigía el proceso de acreditación de dicha especialidad. A continuación se puede apreciar el esquema de salida a internet a través de la WAN Naval para el acceso al "servidor" Moodle:

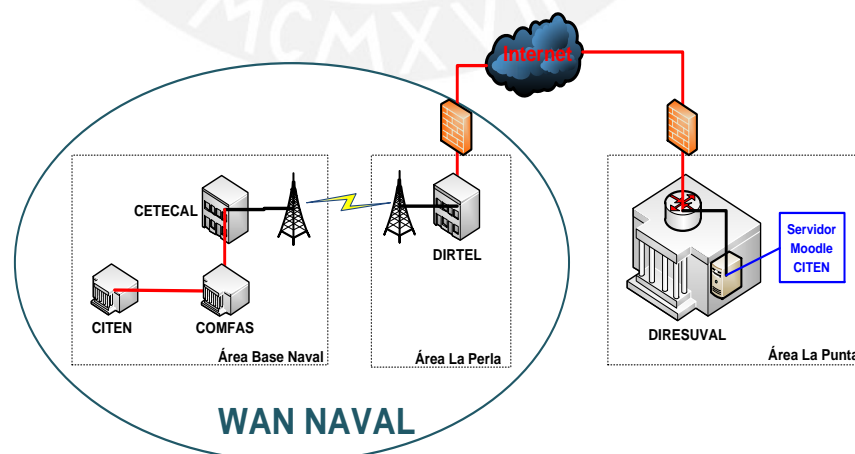


Figura 8: Modo de acceso a la plataforma Moodle actual<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se muestra la plataforma virtual en Moodle del programa de electrónica, a la cual se accede con un usuario y contraseña a través de un enlace en la página web del CITEN:



Figura 9: Plataforma Virtual Moodle del CITEN<sup>12</sup>.

De un análisis inicial y rápido de esta plataforma desde las PC's de los laboratorios, se notaron los siguientes aspectos:

- Existe mucha información faltante o desactualizada.
- Su único uso es para subir archivos de las clases dictadas.
- La navegación dentro de la plataforma es demasiado lenta.
- Muchas veces presenta errores al cargar la plataforma o cursos.
- Cuando varios alumnos acceden al mismo tiempo a la plataforma, esta tiende a colapsar.
- Es poco amigable.

Otro enlace de interés dentro de la página del CITEN es el de la biblioteca virtual, a la cual se ingresa a través de un usuario y contraseña (diferente al del Moodle). En este ambiente virtual se pudo verificar que existen muy pocos libros y artículos (no más de 50 en total), lo cual no resulta de ayuda para ningún docente o alumno. Además no se cuenta con ninguna base de datos electrónica de libros, artículos, revistas, etc. por lo que se recomienda la evaluación y adquisición de licencias de acceso a ciertas bases de datos disponibles en el mercado.

Los alumnos de los 14 programas o especialidades restantes, no cuentan con acceso a TICs de ningún tipo. Por lo tanto la metodología de enseñanza actual de las mismas es de la manera "clásica", es decir, los docentes entregan el material didáctico de manera impresa a sus

<sup>12</sup> Fuente: Plataforma Moodle de la Página Web del CITEN.

alumnos o en algunos casos dictan los textos de los temas desarrollados a los mismos para que éstos los tengan plasmados en sus cuadernos y luego los puedan estudiar. Los trabajos, exposiciones o tareas son entregados de forma física, al igual que las calificaciones, observaciones y correcciones, no existiendo ningún tipo de interacción entre docente y alumno fuera del horario de clases.

En general la metodología de enseñanza actual dentro del CITEN es muy obsoleta y dificulta tremendamente el proceso de aprendizaje de los alumnos, los cuales no tienen acceso a las TIC's adecuadas y acordes a los tiempos actuales.

## 2.4. Instalaciones, usuarios y requerimientos de cobertura

Dentro del perímetro del CITEN se encuentran distribuidos diferentes edificios asignados a las diversas áreas de formación del instituto, así tenemos el área de formación naval, formación académica, formación física, campos deportivos, edificios administrativos, etc. Sin embargo los edificios comprendidos dentro de este proyecto son aquellos en los cuales se encuentran las aulas, laboratorios, talleres, biblioteca y oficinas académicas que pertenecen a los departamentos de formación académica y CAPPER (resaltados en rojo en la siguiente figura).



Figura 10: Instalaciones del CITEN<sup>13</sup>.

En la siguiente imagen se muestra con mayor detalle los edificios que deberán contar con cobertura inalámbrica y/o alámbrica de la red a implementar. El Data Center se encontrará dentro del Edificio 7:

<sup>13</sup> Fuente: Google Earth. Elaboración propia.



Figura 11: Edificios que deberán contar con cobertura alámbrica/inalámbrica<sup>14</sup>.

Como se aprecia los edificios en cuestión cubren un área aproximada de 1500 m<sup>2</sup> y son contiguos. Este hecho favorece el diseño de una red de distribución cableada continua, sin necesidad de utilizar radioenlaces ya que las distancia entre edificios son muy cortas.

Asimismo es necesario definir la cantidad de ambientes con los que cuenta cada edificio, el aforo de cada uno de ellos y si se requiere cobertura inalámbrica y/o alámbrica en los mismos, para lo cual a continuación se presenta un cuadro resumen; el detalle del mismo se puede apreciar en el Anexo 2:

AMBIENTES A CUBRIR		CANTIDAD MAX. DE USUARIOS	
		INALÁMBRICO	ALÁMBRICO
<b>Edificio 3</b>		<b>380</b>	<b>1</b>
	Aulas	380	0
	Oficina Jefe Perfecc.	0	1
<b>Edificio 5</b>		<b>100</b>	<b>16</b>
	Aulas	70	0
	Biblioteca	30	10
	Oficinas	0	6
<b>Edificio 6</b>		<b>1109</b>	<b>59</b>
	Aulas	689	0
	Talleres	120	0
<b>Edificio 6</b>			
	Laboratorios	300	55
	Sala de Profesores	0	2
	Oficinas	0	2
<b>Edificio 7</b>		<b>0</b>	<b>17</b>
	Sala de Profesores	0	2
	Oficinas	0	15
<b>Edificio 9</b>		<b>900</b>	<b>0</b>
	Aulas	900	0
<b>Edificio 12</b>		<b>300</b>	<b>0</b>
	Aulas	300	0
<b>Anfiteatro</b>		<b>120</b>	<b>0</b>
<b>Labs. de Cómputo</b>		<b>0</b>	<b>80</b>
<b>TOTAL</b>		<b>2909</b>	<b>173</b>

Tabla 3: Requerimiento de cobertura por cada edificio<sup>15</sup>.

<sup>14</sup> Ibídem.

<sup>15</sup> Fuente: Elaboración propia.

Es importante señalar que los totales que se observan en la tabla anterior deben entenderse como la capacidad total de usuarios que pueden albergar las instalaciones académicas del CITEN. En la práctica es imposible que todos los ambientes se encuentren ocupados, sin embargo los puntos de acceso deben estar preparados a soportar el aforo total de usuarios por ambiente.

Por otro lado, cabe resaltar que el total de alumnos, docentes y personal administrativo del CITEN no excede las 2200 personas. La diferencia entre esta cifra y las anteriores se debe a que siempre habrá aulas, laboratorios, talleres, etc. que estarán desocupados. Por ejemplo si los alumnos de la escuela de electrónica tienen clases en el taller de electricidad, entonces su aula se encontrará vacía y así puede haber diferentes casos en los que siempre permanecerán ambientes vacíos. Por lo tanto, para efectos de cálculos de densidad de tráfico, ancho de banda a requerir al operador u otros similares se debe de tomar en cuenta la cantidad máxima de usuarios que existen en el CITEN, la cual se detalla en la siguiente tabla:

	<b>Form. Académica</b>	<b>CAPPER</b>	<b>SUBTOTAL</b>	<b>TOTAL</b>
Alumnos	1763	261	2024	<b>2167</b>
Personal Docente	59	15	74	
Personal Administrativo	52	17	69	

Tabla 4: Cantidad total de personal en el CITEN<sup>16</sup>.

<sup>16</sup> Fuente: Base de datos de la Oficina de Personal del CITEN.

## CAPÍTULO 3: INGENIERÍA DEL PROYECTO

### 3.1. Modos de Acceso

El acceso a ser brindado por el CITEN al alumnado y docentes está segmentado en dos modos: el modo de acceso alámbrico y el modo de acceso inalámbrico. Ambos serán iguales en cuanto al tipo de servicio a brindar, sin embargo puede ser que la calidad de servicio en el primero sea mejor que en el segundo caso, esto debido a factores de cobertura, capacidad, latencia, entre otros.

#### 3.1.1. Modo Alámbrico

Este tipo de acceso hace referencia a aquellas arquitecturas en las cuales se usa cableado para la conexión final con los equipos del usuario. El modo alámbrico asegura la conectividad con una buena calidad de servicio y sobre todo con una alta seguridad. Se implementará haciendo uso de cableado UTP categoría 6 y estará instalado principalmente en las oficinas administrativas, laboratorios y biblioteca.

El tipo de cableado es el que define la velocidad y rendimiento del medio de transmisión. En la tabla siguiente se aprecia un cuadro resumen que contiene las principales características del tipo de cable a implementar:

CARACTERÍSTICAS	UTP CAT. 6
Frecuencia	250 MHz
Distancia	100 mts.
Velocidad	Hasta 1 Gbps
Costo	Bajo
Uso	Cableado local
Medio de Transmisión	Cobre
Compatibilidad	Cat 5/5e y Cat 3
Otras	Sin diafonía ni ruido

Tabla 5: Características Cable UTP Cat 6<sup>17</sup>.

<sup>17</sup> Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.2. Modo Inalámbrico

La conexión inalámbrica proporciona una gran flexibilidad y movilidad para los usuarios y es la que más se adapta a nuestras necesidades, ya que el acceso a la red por parte de los alumnos del CITEN será principalmente con laptops.

Este modo de acceso será implementado en las aulas, talleres, laboratorios y biblioteca para que los alumnos puedan tener acceso a la red. Para la conexión entre switches de acceso y los puntos de acceso (Access Points - AP) se utilizará cableado UTP categoría 6.

### 3.2. Perfil de Acceso

Como ya se mencionó anteriormente los alumnos no se encuentran autorizados a encontrarse en ambientes diferentes a sus aulas, talleres, laboratorios o biblioteca, por lo que su único perfil de acceso posible será siempre como "alumno en clase".

El personal docente y administrativo, al igual que el alumnado, deberá tener las mismas restricciones de acceso a ciertas páginas, sin embargo los primeros deberán tener acceso a bases de datos, administración de la red y de la plataforma virtual, entre otros.

En conclusión no hay necesidad de definir diferentes perfiles de acceso, ya que todos los usuarios de la red cuentan con un perfil común, sin embargo el personal de TI deberá efectuar la configuración necesaria a fin de restringir ciertas páginas y hacer que el acceso a los niveles de configuración y administración de la red sea de modo seguro, a fin de que sólo pueda ingresar el personal docente o administrativo designado para tal fin.

### 3.3. Red de Transporte

Para poder determinar la mejor solución en cuanto salida a internet del CITEN, es necesario precisar primero que la Dirección General de Educación de la Marina (DIREDUMAR) ha visto por conveniente crear una sola red académica entre sus tres centros de formación principales que son:

- Escuela Naval del Perú (ESNA): es la escuela de oficiales de la Marina, con sede en el distrito de la Punta, en la cual los cadetes navales siguen un periodo formativo de 5 años, graduándose con un título profesional.
- Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Naval (CITEN): ya se explicó en puntos anteriores.

- Escuela Superior de Guerra Naval (ESUP): es la escuela de posgrado de la Marina, con sede en la Punta, a pocos metros de la ESNA. Aquí los oficiales siguen diferentes estudios de posgrado que tienen el rango de diplomados, maestrías o doctorados.

Esta política afecta directamente al diseño de nuestra red debido a que el CITEN no podrá tener una salida a internet independiente si no que deberá ser a través de la red académica de la Marina. Cabe señalar además, que para lograr esto, se debe también hacer una restructuración de la arquitectura actual de las redes de la ESNA y ESUP. En este punto se hará la evaluación y se definirá la propuesta de salida a internet de la red interna del CITEN.

Como ya se mencionó, en el Distrito de La Punta se encuentran la Escuela Naval del Perú (ESNA) y la Escuela Superior de Guerra Naval (ESUP), actualmente estas escuelas cuentan con sus respectivas redes internas WLAN, las cuales tienen, cada una por su lado, una salida a internet dedicada independiente. Esta configuración actual genera duplicidad de esfuerzos en temas de personal, mantenimiento, costos, contratos, entre otros; generando ineficiencia y carga excesiva a la institución. La configuración actual de la que se habla se muestra en la siguiente figura:

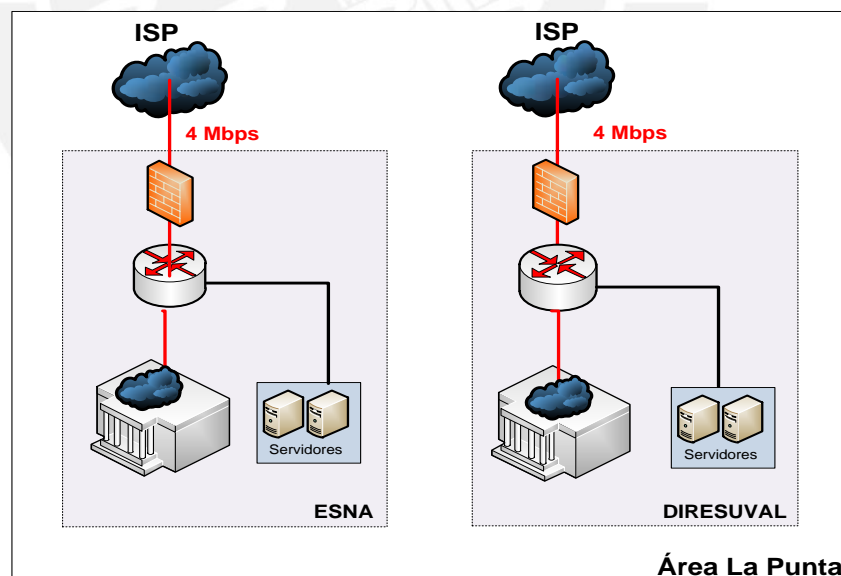


Figura 12: Arquitectura actual de salida a internet ESNA y ESUP<sup>18</sup>.

Tal como se ve en la figura anterior la ESNA y ESUP trabajan independientemente como dos instituciones desligadas y separadas, cuando debería ser el contrario, ya que pertenecen a la misma

<sup>18</sup> Elaboración Propia.

institución y tienen muchos aspectos en común. En tal sentido se hace necesario, la reestructuración de la arquitectura de red entre estos dos centros de formación, de tal manera de formar, junto con la nueva red interna del CITEN, una sola red académica que esté a cargo de la Dirección General de Educación de la Marina (DIREDUMAR) con la finalidad de lograr una gestión y administración centralizada que permita beneficios importantes a la institución.

En ese sentido DIREDUMAR debe implementar, con los equipos que recientemente obtuvo por donación, un Data Center principal en sus instalaciones (tercer piso de la ESNA), en el cual se encuentren todos los servidores para los tres centros de formación, y a través del cual se tenga la salida dedicada a internet.

A continuación se muestra un gráfico de la arquitectura propuesta para el transporte del tráfico de los tres centros de formación y su salida redundante a internet:

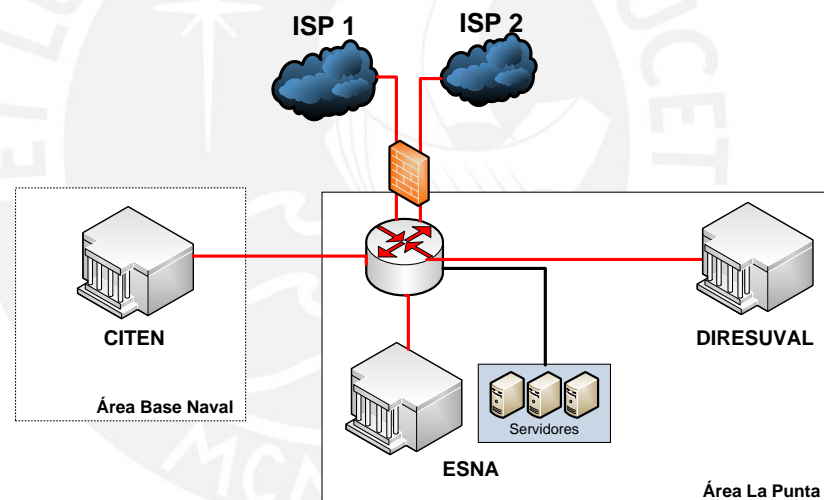


Figura 13: Nueva arquitectura de red académica<sup>19</sup>.

Como se aprecia, la ESNA (en la cual se encuentran las instalaciones de DIREDUMAR) hará las veces de sede principal y desde ahí se contará con una única salida a internet dedicada y redundante con dos diferentes empresas proveedoras de servicios de telecomunicaciones, ambas activas pero una con mayor capacidad que la otra. La conexión entre ESUP y la sede principal (ESNA) será a través de fibra óptica, para lo cual se prevé un tendido de fibra propio, dada la corta distancia y el bajo costo-beneficio que esto implicaría.

<sup>19</sup> Fuente: Elaboración propia.

La conexión entre el CITEN y la sede principal será a través de un enlace dedicado de fibra óptica, el cual se contratará de alguno de los operadores del mercado. Sobre este particular es preciso mencionar la conveniencia de contratar este servicio con Telefónica del Perú ya que actualmente es el único operador que llega con fibra óptica dentro de la Base Naval del Callao y ha manifestado su disponibilidad comercial y técnica para efectuar la prestación de dicho servicio, mientras que otros proveedores han propuesto enlaces microondas, los cuales son menos confiables. En ese sentido, a continuación se presenta un gráfico de la conexión entre el CITEN y el punto de enlace más cercano de Telefónica del Perú dentro de la Base Naval del Callao:



Figura 14: Interconexión a la red de F. O. de Telefónica<sup>20</sup>.

Este enlace entre el data center del CITEN y el punto de interconexión de Telefónica pasará por ductos ya existentes en la base, siendo responsabilidad del operador efectuar el tendido de este enlace de fibra.

En general, con esta nueva arquitectura de transporte la Dirección General de Educación tendrá una gestión y administración centralizada y eficiente de las redes internas de sus tres centros de formación, evitando la redundancia en data centers, servidores, contratos de internet, mantenimiento, personal, entre otros.

<sup>20</sup> Fuente: Elaboración Propia.

### 3.4. Red de Distribución

La red de distribución interna del CITEN se basará en un backbone de fibra óptica multimodo de arquitectura abierta y topología estrella. Este backbone se implementará con fibra óptica de 6 hilos partiendo desde el data center hasta cada gabinete auto soportado donde se ubicarán los switches de tipo 2. Los accesorios de cableado como bandejas, pigtail, acopladores y placas de acopladores serán de una misma marca. Asimismo todos los hilos de la fibra óptica multimodo serán fusionados en cada bandeja de fibra, testeados con un equipo OTDR y protegidos por la canalización adecuada, sin dejar de lado el ordenamiento y etiquetado. Los requerimientos mínimos del cableado de fibra óptica se pueden apreciar en el anexo 3.

Tal como se explicó en el punto 3.3, el enlace dedicado de fibra óptica llegará desde el data center principal de Diredumar hasta el data center del CITEN, el cual se ubicará en el edificio 7. Desde dicho data center se distribuirán 5 enlaces de fibra óptica que interconectarán el switch core de tipo 1 (ubicado en el data center) con 5 switches de tipo 2 ubicados en los edificios 3, 5, 6, y 9 (2 switches). Estos 5 switches estarán dentro de gabinetes de 8 RU con UPS.

Los switches restantes son de tipo 3 y se ubicarán de la siguiente manera:

- En el edificio 6 se instalarán 3 switches de 24 puertos de este tipo, que se conectarán al switch de tipo 2 de dicho edificio a través de enlaces de cobre UTP Categoría 6A independientes. Cada switch estará dentro de un gabinete de 8 RU.
- En los laboratorios de cómputo se instalarán 2 de estos switches de 48 puertos cada uno, los cuales estarán conectados al switch core a través de dos enlaces de cobre UTP Categoría 6A. Estos 2 switches estarán dentro de un único gabinete de 12 RU.

Las especificaciones técnicas y requerimientos mínimos del cableado UTP categoría 6A, se pueden apreciar en el anexo 4. Mientras que el gráfico del esquema de ductos, canalizaciones y ubicación de los gabinetes se muestra en el anexo 5.

Por otro lado, a continuación se aprecia el cuadro descriptivo de la cantidad y ubicación de los switches y gabinetes de acuerdo a los puntos de acceso (AP) y puntos de red requeridos (el sustento de la cantidad de AP en cada edificio se verá más adelante):

		Puntos de Acceso (AP)	Puntos de red	Total Puntos	Switches			Gabinetes	
					Cant.	Puertos	Tipo	Cant.	Tipo
<b>Edificio 3:</b>		<b>17</b>	<b>3</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>24</b>	<b>Tipo 2</b>	<b>1</b>	<b>8 RU</b>
1er. Piso	Aulas	9	0		1	24	Tipo 2	1	8 RU
2do. Piso	Aulas	8	0		0	-	-	-	-
	Sala Prof.	0	2						
	Oficina	0	1						
<b>Edificio 5:</b>		<b>3</b>	<b>16</b>	<b>19</b>	<b>1</b>	<b>24</b>	<b>Tipo 2</b>	<b>1</b>	<b>8 RU</b>
1er. Piso	Aulas	2	0		1	24	Tipo 2	1	8 RU
	Biblioteca	1	10						
	Oficinas	0	6						
<b>Edificio 6:</b>		<b>30</b>	<b>59</b>	<b>89</b>	<b>4</b>	<b>24</b>	<b>Tipo 2(1)/ Tipo 3(3)</b>	<b>4</b>	<b>8 RU</b>
1er. Piso	Aulas	7	0		2	24	Tipo 2 y Tipo 3	2	8 RU
	Talleres	4	0						
	Laboratorios	6	15						
	Sala Prof.	0	2						
	Oficinas	0	2						
2do. Piso	Aulas	9	0		1	24	Tipo 3	1	8 RU
	Laboratorios	4	40		1	48	Tipo 3	1	8 RU
<b>Edificio 7:</b>		<b>0</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>1</b>	<b>24</b>	<b>Tipo 1</b>	<b>1</b>	<b>42 RU</b>
1er. Piso	Data Center	0	0		1	24	Tipo 1	1	42 RU
	Sala Prof.	0	2						
	Oficinas	0	15						
<b>Edificio 9, 12 y Anfiteatro:</b>		<b>40</b>	<b>0</b>	<b>40</b>	<b>2</b>	<b>24</b>	<b>Tipo 2</b>	<b>2</b>	<b>8 RU</b>
1er. Piso	Aulas	36	0		2	24	Tipo 2	2	8 RU
	Anfiteatro	1	0						
	Laboratorio	1	0						
	Módulo	2	0						
<b>Labs de Cómputo:</b>		<b>0</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>2</b>	<b>48</b>	<b>Tipo 3</b>	<b>1</b>	<b>12 RU</b>
1er. Piso	Laboratorios	0	80		2	48	Tipo 3	1	12 RU
<b>TOTALES</b>		<b>90</b>	<b>175</b>	<b>265</b>	<b>11</b>			<b>10</b>	

Tabla 6: Cantidad y ubicación de switches y gabinetes<sup>21</sup>.

En cuanto a la selección de una marca o fabricante en particular, se hizo la consulta técnica a la Dirección de Telemática de la Marina, la cual ha manifestado que la institución está inmersa en un proceso de estandarización de equipos telemáticos por lo cual ha recomendado optar por una solución Cisco, argumentando razones de calidad, performance pero sobretodo de estandarización de equipos a nivel institucional. Por lo tanto se ha efectuado la evaluación de los equipos de este fabricante, encontrando los siguientes switches como los más adecuados para nuestras necesidades:

- Switch Core (Tipo 1): Switch Cisco Modelo WS-C3650-24PS, el cual es un switch de capa 3 que se adapta a los requerimientos y

<sup>21</sup> Fuente: Elaboración propia.

necesidades de un switch core. El data sheet de este equipo puede ser consultado en la página de Cisco<sup>22</sup>.



Figura 15: Switch Cisco WS-C3650-24PS<sup>23</sup>.

- Switches de Distribución y Acceso (Tipo 2 y Tipo 3): Los que satisfacen las necesidades son los Switches Cisco Catalyst 2960X-48LPD-L y 2960X-24PD-L, la única diferencia entre ambos modelos es la cantidad de puertos con la que cuentan. El data sheet de este equipo puede ser consultado en la página de Cisco<sup>24</sup>.



Figura 16: Switch Cisco Catalyst 2960X-48LPD-L<sup>25</sup>.

### 3.5. Red de Acceso

La red de acceso se ha planteado haciendo una evaluación de los modelos de diseño por cobertura y por capacidad, los cuales se detallan a continuación. Tal como se dijo en el punto 2.1.3, todos los AP serán del tipo indoor, ya que no se requiere cobertura en ambientes externos como pasillos, jardines, etc.

#### 3.5.1 Diseño por cobertura

Este modelo de diseño se centra en maximizar los niveles de cobertura, intentando cubrir con un equipo la máxima área posible. La separación entre AP generalmente está entre 20 y 50 metros considerando que los espacios son diáfanos (a espacios más diáfanos distancias mayores). La potencia de los equipos se fija en valores relativamente altos (entre el 60 y 90%) para intentar alcanzar zonas lo más extensas posibles llevando siempre un control adecuado para minimizar las interferencias que podamos provocar en los equipos vecinos. La gran desventaja de este tipo de diseño es que mayor número de usuarios compartirán el mismo AP, disminuyendo

<sup>22</sup> Para mayor detalle del Data Sheet ir a <http://www.cisco.com/c/en/us/products/switches/index.html>

<sup>23</sup> Fuente: <http://www.ipexpress.cl/>.

<sup>24</sup> Ídem.

<sup>25</sup> Fuente: <http://www.ityuda.com/>.

así considerablemente la velocidad de cada uno de ellos, además los usuarios más alejados del AP tendrán velocidades bajas de conexión.

Este tipo de diseño podría aplicarse en los edificios 9 y 12, en los cuales la cantidad de usuarios por aula no es tan alta y son ambientes diáfanos. En el resto de edificios los ambientes son más grandes y menos diáfanos, lo cual no contribuye a este tipo de diseño.

Para evaluar este modelo de diseño, se ha hecho uso del software Aerohive WiFi Planner<sup>26</sup>. Con esta herramienta se ha podido obtener una aproximación del rango de cobertura de cada AP de acuerdo a sus parámetros técnicos y a las características físicas del ambiente, obteniendo así mapas de calor que nos muestran diferentes parámetros de cobertura. A continuación se muestra una parte de la simulación efectuada en los edificios 9, 12 y anfiteatro para el modelo de diseño en cuestión en la banda de 5 GHz y 2.4 GHz respectivamente:

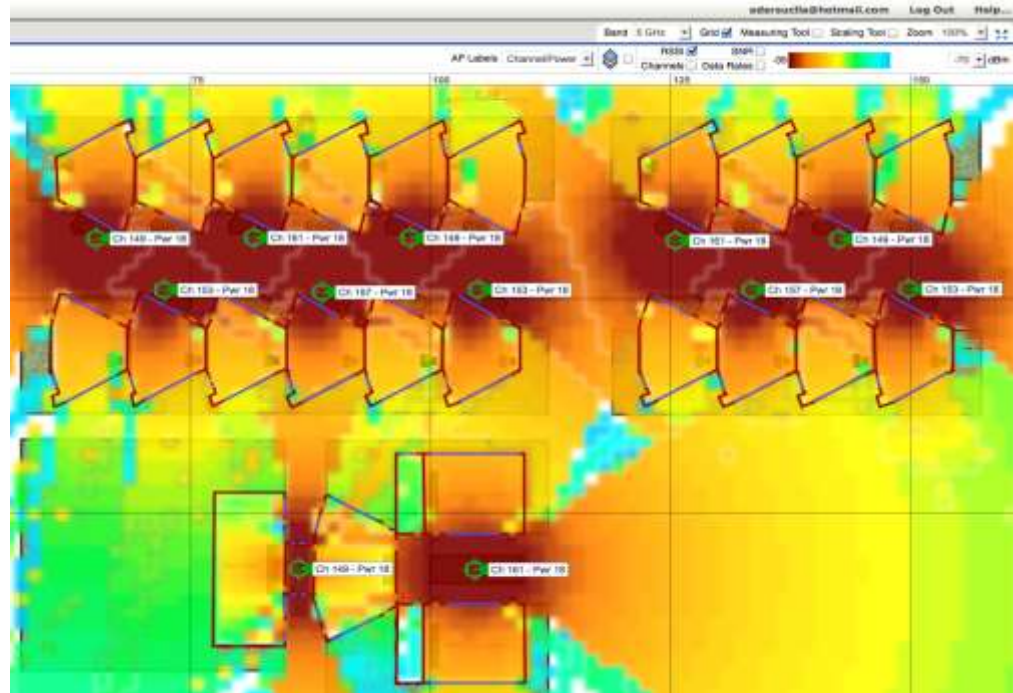


Figura 17: Mapa RSSI (Received Signal Strength Indicator) a 5 GHz<sup>27</sup>.

<sup>26</sup> Aerohive WiFi Planner permite planear un despliegue WiFi de manera simple. Se importa o se crea un plano en el cual se delinean las características físicas del edificio como paredes, puertas, ventanas, entre otras y se escogen las características técnicas del AP, y en función a esto el software estima un mapa de calor de la intensidad de señal recibida así como de otros parámetros. Para su consulta ir a: <http://www.aerohive.com/planner>.

<sup>27</sup> Fuente: Elaboración Propia en Software Aerohive WiFi Planner.

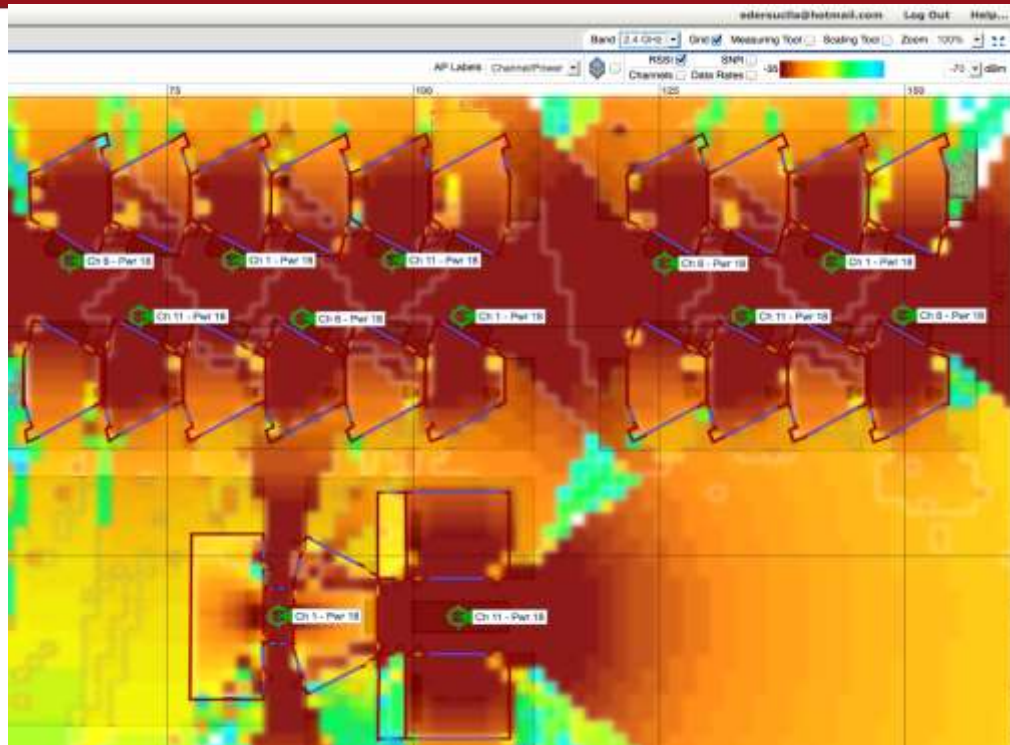


Figura 18: Mapa RSSI (Received Signal Strength Indicator) a 2.4 GHz<sup>28</sup>.

Como se puede apreciar en ambas imágenes los AP han sido colocados en el pasillo debido a que dicha ubicación favorece la cobertura hacia otras aulas, ya que si se pondrían dentro de un ambiente, las paredes de la misma generarían una mayor pérdida, disminuyendo así la cobertura. Con este diseño se logra una mejor cobertura en los pasillos en vez que en las aulas, lo cual es contrario a nuestros requerimientos, ya que tal como se explicó en el punto 2.1.3, no se requiere de cobertura en ambientes exteriores como pasillos, jardines, etc. Otra desventaja es que al usar potencias altas para lograr mayor cobertura, se puede generar interferencia.

### 3.5.2 Diseño por capacidad

Este tipo de diseño se ha vuelto muy popular en los últimos tiempos y es más fácil y simple de implementar. Para realizar la simulación de este modelo se ha considerado el despliegue de un punto de acceso en cada ambiente siendo la distancia entre ellos entre 10 y 20 metros aproximadamente. La potencia de los equipos se fijará en valores bajos para evitar las interferencias entre los diferentes sistemas radiantes. Se deben considerar como valores adecuados para este tipo de diseño potencias entre el 25 y el 60% dependiendo de las condiciones de cada celda concreta. En este caso también se han

<sup>28</sup> *Ibíd.*



Tal como se aprecia en ambos gráficos la cobertura en cada aula es completa mientras aquella en los pasillos es mucho menor, además los niveles de potencia son bajos de tal manera que la interferencia es casi nula.

En conclusión se ha podido apreciar que el diseño por capacidad es el que mejor se adapta a nuestras necesidades y que favorece la velocidad de conexión, la cobertura interior y la baja interferencia. Por lo tanto se implementará un AP por cada ambiente que requiera de conectividad inalámbrica.

Cabe resaltar que estos mapas de cobertura son aproximaciones que sirven sólo como referencia para el proceso de planificación, debiendo conducirse obligatoriamente un "site survey" en campo una vez que se tengan los equipos y así determinar la ubicación y cobertura final de los mismos.

Los equipos de acceso Cisco seleccionados para nuestra red, principalmente teniendo en cuenta la relación precio-rendimiento, son los de la serie Aironet 1600. La serie Cisco Aironet 1600 es una clase de AP empresarial basado en 802.11n, diseñado para atender las necesidades de conectividad inalámbrica de redes de pequeñas y medianas organizaciones como el CITEN. La serie Aironet 1600 ofrece un gran rendimiento a un precio atractivo y proporciona funcionalidades avanzadas a través de las tecnologías CleanAir Express y ClientLink 2.0. Además de estas características, incluye la tecnología basada en 802.11n 3x3 MIMO con dos flujos espaciales, por lo que es ideal para redes de mediano tamaño como la nuestra. El modelo más adecuado de esta serie es el AIR-CAP1602I-A-K9 que se muestra a continuación y cuyo data sheet se puede consultar en el la página de Cisco<sup>31</sup>:



Figura 21: Punto de Acceso Wireless Cisco Serie 1600<sup>32</sup>.

<sup>31</sup> Para mayor detalle del Data Sheet, ir a:  
<http://www.cisco.com/c/en/us/products/wireless/access-points/index.html>

<sup>32</sup> Fuente: <http://www.tribecaexpress.com/>.

De la Tabla 6 se puede apreciar que en total se implementarán 90 equipos de acceso (AP) y 175 puntos de red de datos, estos últimos serán para computadoras fijas en las cuales se desempeñan funciones administrativas y de gestión académica. La distribución de los AP y puntos de red por edificio se puede apreciar en el Anexo 6.

Para el cableado correspondiente a la instalación de los equipos de acceso se debe considerar que los puntos de cableado deberán incluir como mínimo cables horizontales de máximo 80 metros, jacks RJ45, faceplates con tapa ciega, patch cords, caja de montaje debidamente fijada a pared o techo según diseño, entre otros materiales consumibles. Las especificaciones técnicas y requerimientos mínimos del cableado hacia los puntos de acceso o computadoras fijas se encuentran detallados en el anexo 7.

### 3.6. Wireless LAN Controller (WLC)

El Wireless LAN Controller es un elemento fundamental a considerar en la implementación de un sistema de administración de redes inalámbricas debido a que permite centralizar la administración de los puntos de acceso en una sola plataforma. El WLC seleccionado para nuestro diseño es el modelo Cisco 5508 Wireless Controller, el cual puede soportar hasta 500 puntos de acceso y 7000 clientes, lo cual es suficiente para las necesidades de nuestra red, además permite que nuestra red pueda crecer en el futuro y así cumplir con uno de los requisitos que se pedían, es decir que la red sea escalable<sup>33</sup>.

El WLC de Cisco ofrece al personal a cargo de la red una plataforma centralizada para la administración de todos los puntos de acceso de nuestra red, permitiendo configurar de manera simple nuevos despliegues, protocolos de seguridad de acceso por usuarios y prioridades en la transmisión de data ofreciendo además diseños de redundancia del servicio proporcionando así una alta confiabilidad. El WLC establece comunicación constante con los puntos de acceso configurados en su interface a través de paquetes encapsulados transmitidos cada 5 minutos. La interfaz de administración del WLC es a través de un browser de internet.

---

<sup>33</sup> Para consultar el Data Sheet del WLC seleccionado, ir a: [http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/5500-series-wireless-controllers/data\\_sheet\\_c78-521631.html](http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/5500-series-wireless-controllers/data_sheet_c78-521631.html).



Figura 22: Cisco 5508 Wireless Controller<sup>34</sup>.

Cabe resaltar que si bien es cierto el switch core seleccionado tiene la posibilidad de controlar y administrar puntos de acceso, es decir hace las veces de WLC, este no tiene la suficiente capacidad para controlar la totalidad de puntos de acceso a desplegar en nuestra red ni para administrar la cantidad total de usuarios previstos. Por lo tanto se hace necesaria la adquisición e implementación de un dispositivo WLC como complemento al switch core.

### 3.7. Seguridad de la Red

En los últimos años las redes inalámbricas han tomado un protagonismo cada vez mayor a nivel mundial, siendo actualmente el tipo de red preferido para brindar diferentes tipos de servicios a los usuarios. En lo que respecta el sector educación, hoy en día podemos apreciar que en la gran mayoría de centros de estudios de educación primaria, secundaria y superior existen este tipo de redes debido a las grandes ventajas que ofrecen. Sin embargo, este tipo de redes presentan un gran problema para los usuarios y administradores de la red: la seguridad. Es por esta razón que a continuación nos ocuparemos de este tema, analizando los diversos protocolos, recomendaciones y herramientas disponibles en los diferentes niveles de seguridad.

#### 3.7.1 Seguridad de Acceso

Con el pasar de los años, han ido surgiendo diferentes problemas de seguridad en las redes inalámbricas y que a su vez han ido siendo superados por protocolos o herramientas de seguridad. Para entender mejor este concepto, a continuación se explicarán brevemente los ataques a la seguridad de la WLAN más comunes que se han ido presentando a lo largo de los últimos años:

- Rogue Access Point  
El intruso despliega un punto de acceso con gran cobertura, haciendo que los usuarios se conecten a este y así tener acceso al tráfico cursado.

<sup>34</sup> Fuente: <http://www.tribecaexpress.com/>.

- Man in the Middle  
Tal como su nombre lo indica, en este tipo de ataque el intruso se coloca entre el punto de acceso y el usuario para poder ver, insertar y modificar a voluntad los mensajes entre ambos sin que ninguno de ellos sepa que el enlace ha sido vulnerado. Para esto el atacante hace creer al cliente que él es el AP y al AP que él es cliente.
- ARP Spoofing  
Llamado también ARP Poisoning. Su forma de ataque es similar al anterior, su principio es enviar mensajes ARP falsos a la red, asociando la MAC del atacante con la IP del nodo atacado, como por ejemplo la puerta de enlace predeterminada. Todos los mensajes enviados a la dirección IP de ese nodo serán enviados al atacante en lugar de su destino original.
- Denial of Service (DoS)  
Consiste en negar el uso de algún tipo de recurso o servicio, puede ser usado para inundar la red con pedidos de disociación imposibilitando así el acceso de los usuarios.
- Dictionary Attack  
Es un método que consiste en averiguar una contraseña probando con todas las palabras del diccionario.
- Ataques de recuperación de claves  
Consiste en capturar tramas de un cliente y a través de la ejecución de un programa obtener la clave de acceso, este ataque fue concretamente probado y declarado en el uso con WEP (Mendoza 2010: 36).

Así como hemos apenas visto, los ataques a las redes inalámbricas pueden ser muchos, sin embargo existen también diferentes mecanismos de seguridad para contrarrestar los mismos. Para la red a implementarse en el CITEN se debe seleccionar un protocolo que presente el nivel de seguridad adecuado, acorde al tipo de servicio y al coste de gestión y mantenimiento que se maneja. A continuación vamos a realizar una breve explicación de los mecanismos de seguridad aplicables en redes inalámbricas, así como un análisis comparativo de aquellos mayormente utilizados en estas redes:

- WEP (Wired Equivalent Privacy)  
Este fue el primer protocolo implementado bajo el estándar IEEE 802.11 para cifrar los datos transferidos en de una red

inalámbrica. Es un protocolo poco confiable y muy elemental del cual se han puesto en evidencia diversas debilidades.

- WPA (Wi-Fi Protected Access)  
WPA fue concebido por Wi-Fi Alliance y está basado en un borrador del estándar IEEE 802.11i, para poder mejorar el nivel de cifrado existente en WEP y agregar además un procedimiento de autenticación.
- IEEE 802.11i  
En este estándar se define el cifrado y la autenticación para complementar, completar y mejorar la seguridad en redes WLAN proporcionada por WEP.
- WPA2 (Wi-Fi Protected Access v2)  
Esta implementación cuenta con la aprobación de la Wi-Fi Alliance interoperable con IEEE 802.11i. El grupo WPA2 de esta organización es el grupo de certificación del estándar IEEE 802.11i, para esto toma como referencia las condiciones obligatorias del mismo. En lo que se refiere a la configuración de un sistema WPA2, su comportamiento será parecida a la de WPA o de IEEE 802.11i (Andreu, Lesta, Pellejero 2006:18).

El principio de funcionamiento de los protocolos apenas vistos se basa en el cifrado de los datos del usuario en la interfaz aire, es decir entre el dispositivo del cliente y el punto de acceso. Por otro lado todos con excepción de WEP, presuponen una autenticación por parte del usuario. El protocolo WEP contempla sólo la autenticación del dispositivo, mas no ningún otro modo de autenticación de usuario ni de punto de acceso.

Cabe resaltar que también es posible emplear en las redes WLAN algunos mecanismos de seguridad ya utilizados en otros tipos de redes, como por ejemplo en redes cableadas o inalámbricas. Así, por citar algunos ejemplos, tenemos mecanismos de seguridad como SSH, HTTPS, SSL, IPSec VPN, PPTP VPN y L2TP VPN que son aplicables no sólo a redes WLAN sino también a otro tipo de redes. Sin embargo hay protocolos que no se adecuan a las necesidades de la red a implementar en el CITEN, este es el caso de los protocolos SSL, HTTPS y SSH, los cuales sólo permiten asegurar el tráfico cursado por algunos tipos de aplicaciones. Asimismo los mecanismos de seguridad basados en la creación de VPNs (redes privadas virtuales) a nivel enlace, tampoco se adecuan a nuestros requerimientos ya que se adaptan mejor a redes WLAN corporativas que requieren mayormente un acceso remoto de los usuarios y que manejan

información de carácter confidencial por lo que requieren soluciones más robustas y complejas. Existen también soluciones VPN que se basan en IPSec (a nivel de red) y que representan una opción más sencilla de implementar, además de estar muy difundida y probada; se considera como un protocolo muy robusto de seguridad de la red.

Ahora que ya hemos visto los diversos protocolos de seguridad existentes en las redes WLAN, se continuará con un análisis comparativo de aquellos más comunes y que se puedan adaptar a las necesidades de las red del CITEN. Es así que se llevará a cabo el estudio de los parámetros relacionados con la autenticación y con el cifrado de dichos protocolos.

Para empezar dicho análisis, en la siguiente tabla se muestran las principales características de los mecanismos de seguridad para redes WLAN, como son WEP, WPA, WPA2, IEEE 802.11i y soluciones VPN basadas en IPSec:

		WEP	WPA	802.11i (WPA2)	IPsec VPN
<b>Autenticación</b>	<b>Autenticación</b>	WEP	802.1X+EAP	802.1X+EAP	IKE de máquina X-AUTH de usuario
	<b>Pre-autenticación</b>	No	No	802.1X (EAPOL)	Sí
<b>Cifrado</b>	<b>Negociación del cifrado</b>	No	Sí	Sí	Sí (DES, 3DES, AES)
	<b>Cifrado</b>	RC4 40-bit o 104-bit	TKIP: RC4 128-bit	CCMP: AES 128-bit	ESP: DES 56-bit, 3DES 168-bit, AES 168, 128, 192, 256
	<b>Vector de inicialización</b>	24 bits	48 bits	48 bits	DES-CBC 8 bytes
	<b>Integridad de la cabecera</b>	No	MIC	CCM	AH
	<b>Integridad de los datos</b>	CRC-32	MIC	CCM	AH/ESP
	<b>Protección de respuesta</b>	No	Fuerza secuencia de IV	Fuerza secuencia de IV	Sí
	<b>Gestión de claves</b>	No	Basada en EAP	Basada en EAP	IKE (Diffie-Hellman)
	<b>Distribución de clave</b>	Manual	802.1X (EAP)	802.1X (EAP)	Diffie-Hellman
	<b>Clave asignada a:</b>	Red	Paquete, sesión y usuario	Paquete, sesión y usuario	Usuario
	<b>Clave por paquete</b>	Concatenación de IV	Mezclado TKIP	No necesario	ESP
<b>Otros</b>	<b>Seguridad ad-hoc</b>	No	No	Sí (IBSS)	No

Tabla 7: Tabla comparativa protocolos de seguridad<sup>35</sup>.

En cuanto a la autenticación, para el protocolo WEP, el AP se limita a aceptar sólo el tráfico que viene de dispositivos de cliente que

<sup>35</sup> Fuente: Andreu, Lesta, Pellejero 2006:21.

tengan la clave de cifrado correcta. La autenticación del resto de protocolos es más robusta y compleja.

Por un lado, la autenticación en WPA e IEEE 802.11i proviene de la combinación del estándar IEEE 802.1x y el Protocolo EAP (Extended Authentication Protocol). Esta combinación permite concretar la autenticación entre cliente y servidor de forma centralizada, así como generar y distribuir las claves de cifrado. IEEE 802.1x es un estándar para controlar el acceso a la red de nivel 2 que ofrece un marco para una autenticación superior y distribución de claves. Sin embargo este estándar no debe ser visto como una alternativa al cifrado, por lo debería ser usado como complemento a un mecanismo de cifrado mediante el correspondiente algoritmo.

Por otro lado, IEEE 802.1x se encarga de traducir las tramas enviadas por un algoritmo de autenticación en el formato necesario para que puedan ser entendidas por el sistema de autenticación que esté en servicio en esa red. Entonces, IEEE 802.1x no es por sí mismo un método de autenticación por lo que debería usarse de manera conjunta con mecanismos de autenticación para poder verificar las credenciales del usuario, este protocolo podría ser cualquier tipo de EAP, así como también la generación de las claves de cifrado. Cuando se utiliza EAP junto con IEEE 802.1x, se puede emplear diferentes esquemas de autenticación entre los dispositivos del usuario y la red (Kerberos, RADIUS, certificados digitales, etc.). Según el tipo de EAP las credenciales requeridas para llevar la autenticación serán distintas. En cuanto a los mecanismos VPN basados en IPSec, estos emplean IKE para concretar la autenticación de máquina y X-AUTH para la autenticación de usuario.

Además, sólo IEEE 802.11i y las soluciones VPN basadas en IPSec utilizan pre-autenticación. Este proceso permite que el usuario inicie procesos de autenticación con AP próximos antes de completar el mismo con el AP seleccionado. Es decir, permite que al dispositivo autenticarse simultáneamente con diferentes puntos de acceso. La pre-autenticación no sólo comporta mayor seguridad, sino que también tiempos de latencia más bajos para movilidad y reducciones de las pérdidas de conectividad, lo cual es importante para aplicaciones VoIP.

Cabe resaltar que aparte de todos los mecanismos de seguridad mencionados, también se puede llevar a cabo la autenticación mediante la dirección física del dispositivo (dirección MAC). Para lo cual, el acceso es limitado a dispositivos cuyas direcciones MAC estén dentro de las Listas de Control de Acceso ACL del sistema, las cuales puede estar en los puntos de acceso o en un servidor. Es

importante recalcar que con este método no se autentica a usuarios, si no al interfaz del dispositivo que se conecta a la red a través de su dirección MAC. Además, otro de los problemas de este mecanismo de autenticación es que puede ser vulnerado con facilidad mediante lo que se conoce como MAC spoofing. Por último, esta solución de autenticación puede ser difícil de administrar cuando el número de terminales aumenta, por lo que no es recomendable para redes con gran cantidad de usuarios (Andreu, Lesta, Pellejero 2006:23).

Ahora en cuanto al cifrado, tanto WEP como WPA utilizan el algoritmo RC4, del cual se ha demostrado que es muy vulnerable. La diferencia en cuanto al cifrado entre WEP y WPA se encuentra en la gestión de claves y el algoritmo de inicialización. En IEEE 802.11i/WPA2 y VPN basadas en IPSec, el cifrado se realiza con algoritmo AES, que es más complejo y que no padece de los problemas asociados a RC4.

En lo que concierne a las claves de cifrado, en WEP éstas son asignadas de manera manual y estática. Además al ser compartida por todos los clientes del AP, las transmisiones de los mismos se ven comprometidas. Asimismo, al tener que modificar manualmente la clave WEP, se genera un aumento significativo en los costos de implementación y mantenimiento. En cambio, cuando se utiliza WPA, IEEE 802.11i y VPN basadas en IPSec, la gestión de claves es dinámica. En WPA la generación de claves es hecha por el protocolo TKIP y en IEEE 802.11i por CCMP. En cuanto a la gestión y distribución de claves, IEEE 802.11i y WPA emplean IEEE 802.1x junto con un protocolo EAP; VPN basadas en IPSec recurren al protocolo IKE. El uso de claves dinámicas representa un aumento de la seguridad de la red.

El vector de inicialización (IV) sirve para generar la clave de cifrado de cada paquete. En WEP este vector es transmitido en llano, es decir sin cifrado alguno y se reciclan los mismos vectores para cifrar el tráfico, por lo que el intruso puede analizar diferentes tramas y descifrar así la clave. En WPA este problema se supera mediante el uso del protocolo TKIP (Temporal Key Integrity Protocol), el cual utiliza un vector del doble tamaño que en WEP (48 bits), con normas de secuencia y mezcla por paquete. En el caso de IEEE 802.11i se utiliza el protocolo CCMP (Counter Mode with CBC-MAC Protocol), que cuenta con vectores de la misma longitud que en TKIP. Las soluciones VPN basadas en IPSec emplean un vector DES-CBC de 64 bits.

Por otro lado, todos los protocolos ofrecen integridad de los datos excepto WEP. Este último emplea CRC-32 que fue diseñado para detectar errores aleatorios de los mensajes, pero no es un algoritmo robusto para evitar ataques de intrusos. WPA y IEEE 802.11i han

mejorado en este sentido empleando MIC y CCM respectivamente. Las soluciones VPN basadas en IPSec emplean AH y ESP para garantizar la integridad de la cabecera y de los datos (Andreu, Lesta, Pellejero 2006:25).

El mecanismo IEEE802.11i es el único mecanismo específico para redes WLAN que puede considerarse un mecanismo seguro para entornos corporativos. Sin embargo, en el caso de algunos fabricantes es necesario cambiar los puntos de acceso WLAN previamente instalados por un modelo que soporte IEEE802.11i. Además, actualmente los dispositivos PDA existentes no son compatibles con el algoritmo de cifrado AES empleado por el mecanismo IEEE802.11i por falta de capacidad de procesado.

En conclusión y después de haber analizado los diferentes protocolos de seguridad existentes se optará por la implementación de 802.11i el cual ha demostrado ser el mecanismo de seguridad más seguro de aquellos analizados en los párrafos precedentes. Es posible decir que el protocolo IEEE802.11i es el único mecanismo específico para redes WLAN que puede considerarse un mecanismo seguro para entornos como el que vamos a implementar. Además, como en nuestro caso no existían redes WLAN previamente desplegadas, entonces no nos encontraremos con uno de las principales desventajas de este mecanismo que es el de cambiar los puntos de acceso WLAN previamente instalados por un modelo que soporte IEEE802.11i. Las principales razones por las cuales implementar el protocolo 802.11i es que es un algoritmo de cifrado robusto y que permite definir diversos perfiles de cliente.

¿Y por qué no los otros mecanismos de seguridad vistos? Bueno en primer lugar se ha demostrado que tanto el mecanismo WEP como el WPA ya han sido vulnerados y son blanco fácil para cualquier intruso que quiera atacar nuestra red, sobretodo el caso de WEP, debido a que sus algoritmos de cifrado no son muy robustos. Por otro lado, se tiene el mecanismo IPsec VPN, el cual es recomendado en un entorno empresarial para los empleados itinerantes que se conectan desde fuera de su empresa por lo que se considera un mecanismo no adecuado a nuestras necesidades.

### 3.7.2 Seguridad Física

Como ya se mencionó anteriormente la red propuesta no deberá encontrarse conectada de ninguna manera a la Wan Naval, por lo que la nueva red WLAN del CITEN debe ser completamente independiente y su despliegue debe ser hecho de manera aislada. Además se debe tener en cuenta que el cableado y señales

inalámbricas no deben generar interferencia alguna con la Wan Naval y viceversa para lo cual en el diseño de recorrido de ductos y canalizaciones dentro de los cuales estará el cableado, estará correctamente aislado y los cables con especificaciones técnicas tales de no sufrir interferencia alguna. Además los ductos y canalizaciones recorrerán la mayoría de su recorrido por vías subterráneas, y aquel que circule por el aire se encontrará protegido de la intemperie por tubería adecuada.

Todos los gabinetes de comunicaciones (racks) deben estar empotrados en la pared, excepto el del data center y deben poder cerrarse con llave, las mismas que deberán ser custodiadas por el personal a cargo de la administración de la red. El ambiente asignado para la implementación del data center deberá contar con conexión al pozo a tierra más cercano y un correcto sistema de seguridad eléctrica para evitar cortos circuitos. Este ambiente también debe contar con un sistema de detección de incendios y un equipo de aire acondicionado para mantener la temperatura adecuada. Además la puerta de ingreso debe contar con un seguro adecuado para evitar el acceso de personal no autorizado al data center.

Finalmente se deberá pasar una inspección física periódicamente a todos los equipos, ductería, cableado, ambientes, etc. por donde se encuentre desplegada la red, esto con la finalidad de verificar posibles intentos de intrusión física o para detectar equipos o instalaciones que requieran algún tipo de mantenimiento preventivo.

### 3.7.3 Seguridad Perimetral

Tal como se mencionó al inicio del presente capítulo, la política de la Dirección de Educación de la Marina (DIREDUMAR) de centralizar el tráfico de sus tres escuelas principales ha llevado al diseño propuesto, en el cual el CITEN será una de las tres redes internas de educación y tendrá una salida a internet a través del Data Center principal de DIREDUMAR. En tal sentido el CITEN no necesitará de seguridad perimetral de red tipo firewall en su data center; sin embargo en el presente estudio se ha efectuará una recomendación de la características técnicas y de desempeño mínimos que debería tener el firewall a instalarse en el data center principal. El firewall deberá ser del tipo UTM. En el anexo 8 se pueden consultar con mayor detalle las características mínimas recomendadas para el firewall a implementar.

### 3.8. Data Center CITEN

Como ya se ha señalado anteriormente, el data center del CITEN estará dentro del ex – compartimiento de audiovisuales en el edificio 7. Este ambiente tiene un área aproximada de 24 m<sup>2</sup>. Dicho compartimiento no está preparado para albergar a un data center, por lo que se hace necesario efectuar ciertas modificaciones o adecuaciones en su infraestructura con la finalidad de cumplir con las normas y especificaciones técnicas de un data center.

Dentro de los principales trabajos a efectuar, se encuentran los siguientes:

- Conexión a pozo a tierra.
- Habilitación de cableado de alimentación eléctrica y tableros.
- Instalación de un sistema de protección UPS.
- Instalación de un gabinete de comunicaciones.
- Instalación de un sistema de aire acondicionado.
- Instalación de un sistema de seguridad física y de seguridad antes emergencias.

### 3.9. Dimensionamiento del tráfico

Un punto importante es contar con una salida a internet adecuada, que no se sature ni sea muy lenta cuando existen diferentes equipos conectados simultáneamente, pero que tampoco se sobredimensione y se pague por un servicio que no se usa completamente.

En el caso de nuestra red no se necesita de una salida directa a internet, ya que, como se explicó anteriormente, la red del CITEN deberá conectarse al nodo principal de Diredumar y a través de éste tener salida a internet. En tal sentido a continuación se estimará al ancho de banda que sería conveniente contratar para la conexión con el data center principal.

Para tener una referencia, pondremos el caso del enlace existente entre CENTRUM y la PUCP. La arquitectura de esta red es similar a la que se quiere implementar en la Marina, en el sentido que CENTRUM no tiene una salida directa a internet si no que lo hace a través de la PUCP, asimismo los servidores de correo, campus, virtual, bibliotecas, etc. se encuentran centralizados en la sede central de la PUCP. Otro aspecto similar es la cantidad de usuarios con los que cuenta CENTRUM; esta institución cuenta con más de 3000 usuarios.

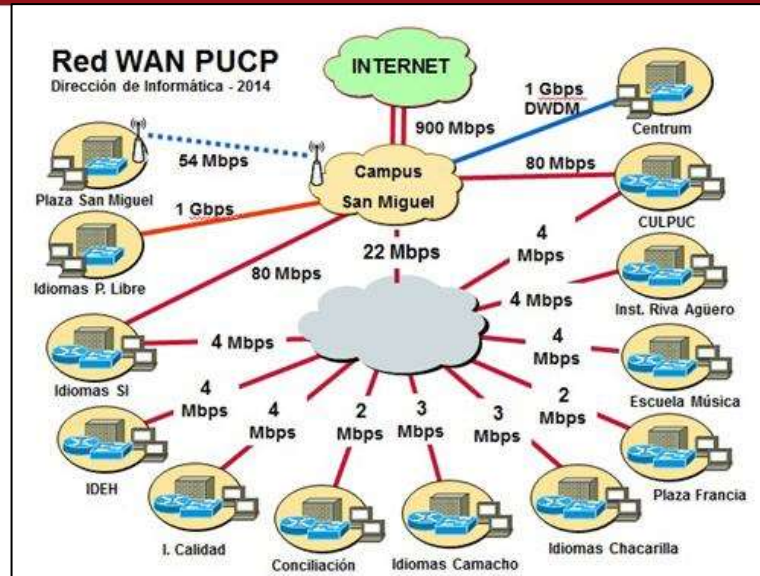


Figura 23: Infraestructura entre locales PUCP<sup>36</sup>.

El motivo del ancho de banda del enlace principal entre la sede Pando de PUCP y CENTRUM es que la totalidad de los servicios usados por personal y alumnado de CENTRUM se encuentran alojados directamente en la sede de Pando, entre estos servicios se encuentran el Campus Virtual de la universidad, correo electrónico, sistema de bibliotecas, acceso a Internet, etc. Por su parte la sede Pando de PUCP cuenta con dos enlaces para la salida a internet con un ancho de banda de 900 Mbps.

En cuanto a usuarios, CENTRUM en el 2008 contaba con la siguiente cantidad de alumnado:

CENTRUM CATÓLICA - CAPACIDAD DE ALUMNADO - SEDE LIMA		
Ambiente	Alumnos por Ambiente	Total de Alumnos
Aulas de Clase (17)	40	680
Biblioteca	45	45
Salas de Estudio (23)	5	115
Cafetería	75	75
Corredores	40	40
Auditorio	561	561
<b>TOTAL</b>	<b>766</b>	<b>1516</b>

Tabla 8: Alumnos CENTRUM 2008<sup>37</sup>.

Actualmente, según información a la que se tuvo acceso, el total de alumnos sería más del doble debido al crecimiento de su infraestructura y de su oferta educativa, la cual no sólo se desarrolla en Lima sino también en provincias.

<sup>36</sup> Fuente: <http://dirinfo.pucp.edu.pe/arquitecturaRed.htm/>.

<sup>37</sup> Mendoza 2010: 2.

En cuanto al CITEN se ha visto en el punto 2.4 que la cantidad total de usuarios sería de 2167 entre alumnos, docentes y personal administrativo. Es importante señalar que esta cifra no siempre será la misma debido a las siguientes consideraciones:

- Los alumnos en formación, sólo cursarán tráfico en horas de la mañana, dos horas en la tarde y dos horas en la noche, debido a que su rutina así lo contempla.
- Diariamente aproximadamente el 9 % de alumnos cubre alguna guardia dentro del CITEN, por lo que no se podrían conectar a la red ese día.
- De acuerdo a una estadística realizada el año 2014, sólo el 65 % de alumnos del CITEN contaban con una laptop, es decir sólo 1409 alumnos.
- El personal de alumnos y docentes de CAPPER que suman 276, sólo frecuentan el CITEN el primer semestre académico del año, ya que su curso dura 5 meses.

Por lo tanto teniendo en cuenta estas consideraciones y proyectando un incremento de alumnos con laptop para el presente año, se trabajará sobre la base de 1700 usuarios promedio que estarían en condiciones de conectarse a nuestra red. Además a este número de usuarios no se garantizará el máximo de ancho de banda ya que es casi imposible tenerlos conectados al mismo tiempo, por lo que se considerará como peor escenario posible que el 70 % de ellos, es decir 1190 alumnos se conecten al mismo tiempo. Por otro lado, hay que acotar que las aplicaciones principales a usar serán: campus virtual, internet (con restricciones), correo, descarga y subida de archivos.

Ahora, para poder determinar el ancho de banda a contratar se realizarán unos simples cálculos tomando en cuenta las consideraciones anteriores y haciendo uso de un software de monitoreo de tráfico llamado NetWorx. Este software se instaló en algunas computadoras que actualmente usan los alumnos para conectarse al Moodle y a internet. Se efectuó el monitoreo por espacio de dos meses y con usuarios diferentes. A continuación se muestran algunas capturas de pantalla de diferentes días y horas con información útil para nuestros fines:

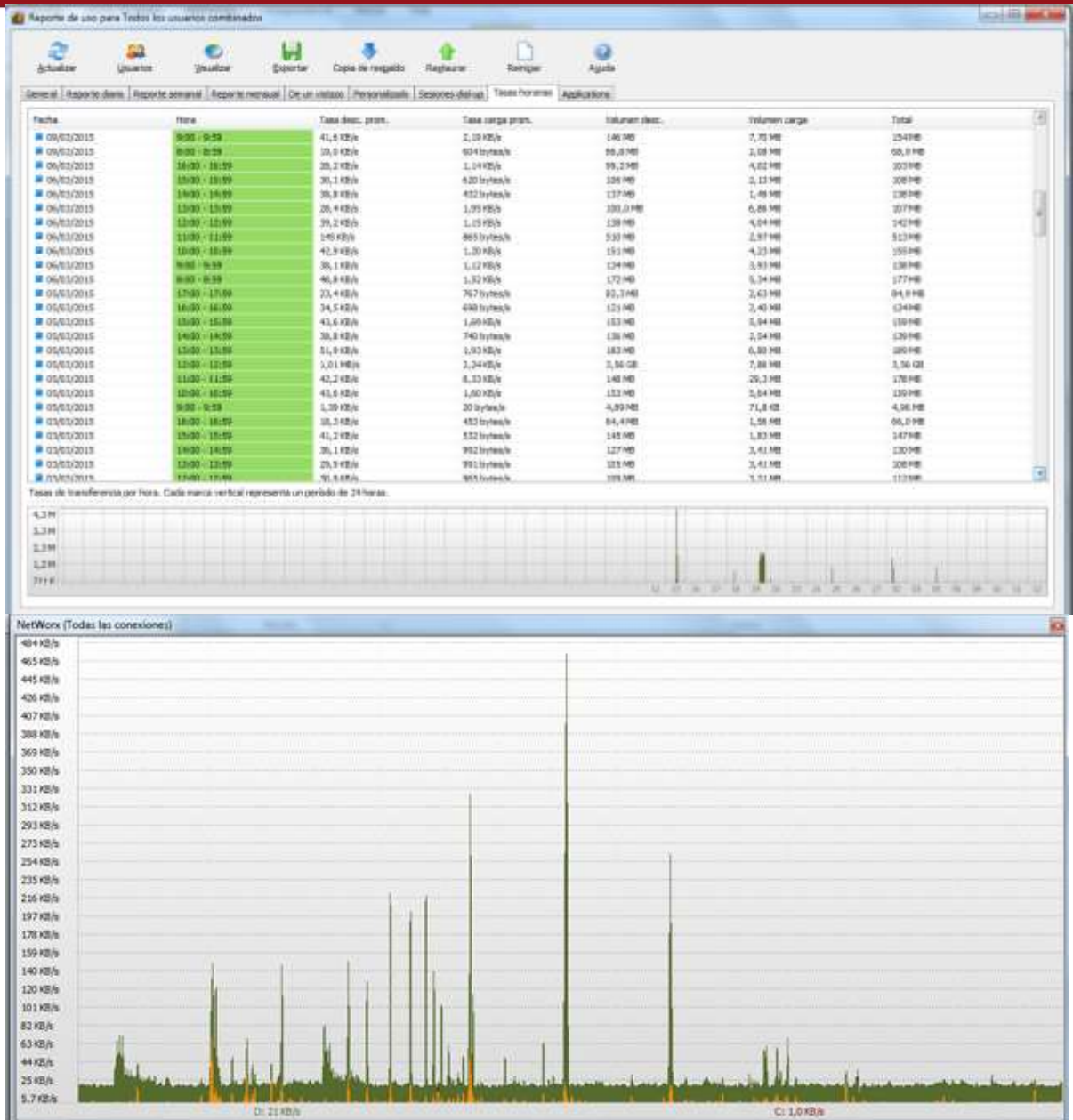


Figura 24: Tasas de descarga mes marzo<sup>38</sup>.

<sup>38</sup> Fuente: Software Libre NetWorx.

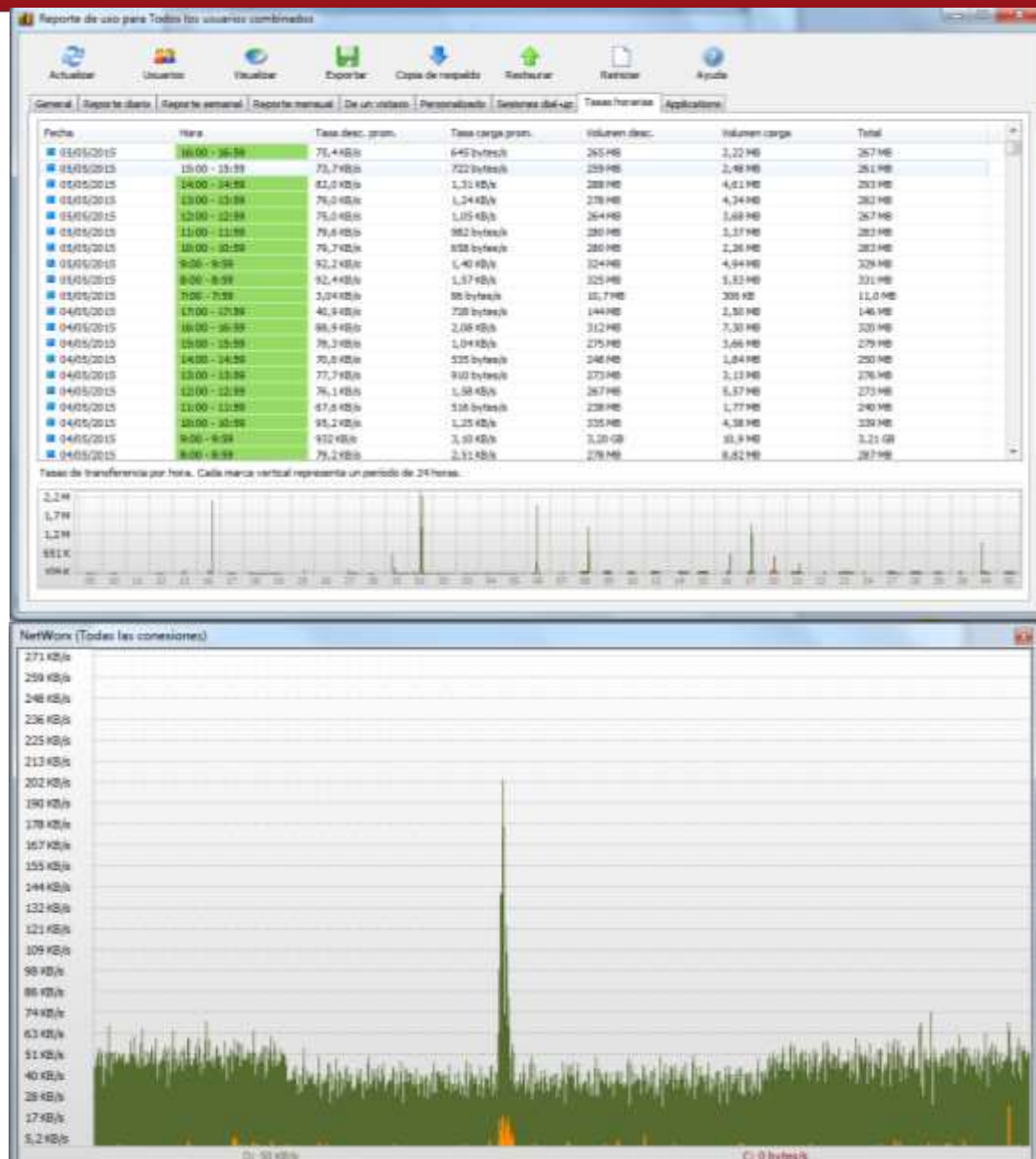


Figura 25: Tasas de descarga mes mayo<sup>39</sup>.

A partir de la información brindada por este programa, se ha calculado la tasa promedio de descarga por usuario en 63.27 KB/s, lo cual equivale a 506.16 Kbps. Ahora multiplicando esta cifra por el total de usuarios que se prevé tener conectados en simultáneo (1190), el resultado es de un poco más de 600 Mbps. Si se quiere prever una mayor concentración de usuarios conectados y un crecimiento futuro de la cantidad de los mismos, entonces se recomienda efectuar la contratación de 700 Mbps de velocidad para el enlace dedicado entre el CITEN y la sede central de Diredumar.

Es importante notar que este resultado guarda relación con la velocidad contratada por la PUCP para su enlace con CENTRUM, tal como se explicó anteriormente.

<sup>39</sup> Ibídem.

## **CAPÍTULO 4: DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE APRENDIZAJE MULTIMEDIA**

### **4.1. Alojamiento de la plataforma**

Para lograr la implementación del Sistema de Gestión de Aprendizaje Multimedia, en primer lugar es imperativo que se cuente con una interfaz en la web para poder acceder a la misma. Esto se hará tal cual como se viene haciendo con la plataforma actual, es decir desde la página web del CITEN, la cual viene siendo reconfigurada en diseño y prestaciones. Dentro de esta página se encontrará el enlace para el acceso al “Campus Virtual” del CITEN así como para el acceso al correo electrónico y a la biblioteca virtual de los cuales se hablará más adelante. La plataforma virtual, una vez aprobada, se alojará en los servidores de la Dirección General de Educación dentro del Data Center Principal que se encontrará en La Punta. El soporte y mantenimiento de dicha plataforma estará a cargo del personal técnico de DIREDUMAR, el cual deberá estar en constante comunicación con el personal encargado de la red interna del CITEN en caso de cualquier problema.

### **4.2. Evaluación de la plataforma Moodle actual**

Para efectuar una evaluación objetiva de esta plataforma se utilizará un método de usabilidad heurística definida por Jakob Nielsen, una de las personas más respetadas en el ámbito mundial sobre usabilidad en la web. Este personaje definió la usabilidad como: “el atributo de calidad que mide la facilidad de uso de las interfaces web” (Horruitiner 2013: 11).

Los principios de usabilidad definen las características que debe tener un sistema en su interacción con el usuario, especificando y simplificando la

misma. Nielsen propuso diez principios que se conocen como las heurísticas de Nielsen (Horruitiner 2013: 14):

Identificador	Heurísticas	Detalle
H1	Visibilidad del sistema	El sistema debe mantener informados a los usuario a través de la retroalimentación
H2	Coincidencia entre el sistema y mundo real	El sistema debe ser familiar a los usuario (que hable el "idioma" del usuario)
H3	Control y libertad de usuario	Salidas de emergencia, deshacer y rehacer
H4	Consistencia y estándares	Seguir las convenciones de plataforma
H5	Prevención de errores	Tratar de evitar que los errores ocurran (advertencias)
H6	Minimizar la carga de memoria	Que no sea necesario recordar información
H7	Flexibilidad y eficacia de uso	Posibilidad de acomodarse a distintos estilos de trabajo
H8	Diseño estético y minimalista	Eliminar (ocultar) información irrelevante (y / o raramente requerida)
H9	Ayuda al usuario para reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores	Mensajes de error sencillos, sugiriendo soluciones constructivas
H10	Ayuda y conocimiento	Lista de pasos concretos para la utilización del sistema

Tabla 9: Heurísticas de Nielsen<sup>40</sup>.

La evaluación heurística es un método de inspección desarrollado por Jakob Nielsen, utilizado para probar interfaces de manera rápida y económica. Asimismo se define como la inspección sistemática de usabilidad de un diseño de la interfaz de usuario. Este tipo de evaluación tiene como finalidad determinar si cada elemento de la interfaz de la plataforma, sigue los principios de usabilidad, permitiendo al usuario desenvolverse de manera ágil e interactiva.

El producto a evaluar es la plataforma Moodle actual del CITEN, la cual fue implementada el año 2014 en una CPU situada en la Escuela Superior de Guerra de La Punta, que hace las veces de servidor. Las características de este "servidor" son las siguientes:

- Procesador Intel® Core™2 Dúo
- Memoria RAM 2 GB
- Disco Duro 250 GB
- S. O. Windows 7 Professional

La implementación de esta plataforma se hizo de manera algo improvisada, para poder cumplir los requisitos que imponía el proceso de acreditación académica para el programa de Electrónica. Actualmente

<sup>40</sup> Fuente: Horruitiner 2013: 14.

dicho programa ya se encuentra acreditado y se está en proceso de acreditación de otros programas (Telemática, Sensores, Electricidad y Administración), los cuales también vienen haciendo uso de manera experimental y gradual de la plataforma.

En cuanto a la metodología de evaluación, se aplicaron los 10 principios básicos de Nielsen, teniendo la participación de 6 evaluadores con los diferentes perfiles. Para determinar el número de evaluadores, Nielsen señala que el número de éstos debe ser de tres a cinco, ya que una mayor cantidad de evaluadores reduce el beneficio significativamente. Los perfiles de los evaluadores son los siguientes:

- Ingeniero de Sistemas con experiencia en desarrollo proyectos de software y experiencia básica en evaluaciones heurísticas.
- Ingeniero Informático especializado en desarrollo de software y en realizar evaluaciones heurísticas.
- Técnico informático con experiencia en Base de Datos y plataformas de educación virtual, así como experiencia en realizar evaluaciones heurísticas.
- Ingeniera de sistemas con experiencia en redes y tecnologías de la información, sin experiencia en realizar evaluaciones heurísticas.
- Alumno de 3er año del programa de Electrónica, sin experiencia en realizar evaluaciones heurísticas.

Los evaluadores verificarán el sistema en general y luego en detalle. El objetivo es encontrar problemas basándose en los diez principios básicos de Nielsen mostrados anteriormente. Posteriormente cada evaluador calificará la severidad y la frecuencia de cada uno de los problemas del listado común para así poder calcular su respectiva criticidad. Los valores son los siguientes:

- |                       |                        |
|-----------------------|------------------------|
| • Escala de severidad | • Escala de frecuencia |
| ○ 1: no es problema   | ○ 1: <1%               |
| ○ 2: cosmético        | ○ 2: 1-10%             |
| ○ 3: menor            | ○ 3: 11-50%            |
| ○ 4: mayor            | ○ 4: 51-90%            |
| ○ 5: catastrófico     | ○ 5: >90%              |

$$\text{Criticidad} = \text{Severidad} + \text{Frecuencia}$$

A seguir veremos los resultados obtenidos de la evaluación heurística a la plataforma Moodle, indicando el o los principios de usabilidad incumplidos así como las imágenes ilustrativas en el Anexo 9.

ID Problema	Definición de Problemas	Explicación del problema	Principio(s) de usabilidad incumplidos(s)	Captura de pantalla explicativas
P1	Error de cargado de la plataforma.	Al tratar de ingresar al Moodle desde la página web del CITEN, la plataforma demora mucho en cargar y al final aparece un error de carga que indica un error de comunicación con el servidor o que éste está ocupado.	H5	A1
P2	Diseño de la página de inicio poco amigable.	La página de inicio de la plataforma no tiene un diseño adecuado ni información relevante que la haga atractiva para el usuario. Ni siquiera existe una imagen que identifique a la institución.	H1, H8	A2
P3	No se aprovechan los espacios en los diferentes enlaces de la plataforma.	En todas las categorías, subcategorías y otros enlaces de la plataforma, la distribución de espacios no es la apropiada, teniendo la mayor parte de las páginas en blanco. Dichos espacios pueden ser aprovechados para colocar información de interés, bloques, imágenes, etc.	H1, H4, H7	A3
P4	Diseño de toda la plataforma poco amigable y poco atractivo.	En toda la plataforma no existen animaciones, imágenes, videos, detalles, etc. que hagan la plataforma amigable y atractiva para el usuario.	H1, H2, H6, H8	A4
P5	Error en la presentación de datos al seleccionar el idioma Ingles.	Cuando se selecciona en la parte superior derecha de la plataforma el idioma Ingles, se puede visualizar que todo el contenido no cambia de idioma, como la misión y la visión.	H2, H4	A5
P6	No hay manual de ayuda o guía del participante.	En ninguna parte de la plataforma se encuentra un enlace para que el usuario tenga acceso a información de ayuda o a alguna guía del participante.	H10	A6
P7	No existe una estandarización en la presentación del listado de cursos y docentes.	El listado de cursos no tiene una estandarización para todos los diferentes semestres de los programas académicos, mostrando en algunos casos el profesor a cargo del curso con su respectiva hoja de vida y en otros no. A ciertas hojas de vida les falta información.	H4, H10	A7
P8	La presentación del material didáctico es insuficiente y poco atractiva.	El material didáctico de los cursos está organizado para ser cargado por semanas, lo cual lo hace poco atractivo y poco amigable, inclusive en algunas o todas las semanas de algunos cursos no existe ningún material didáctico.	H2, H6, H8, H10	A8

P9	No se pueden descargar ciertos archivos.	Hay algún material didáctico de ciertos cursos que no se puede descargar ya que aparece un mensaje que dice que "el archivo solicitado no se encuentra".	H5, H9, H10	A9
P10	Los foros de noticias del sitio no muestran información alguna.	Ningún foro de noticias en absoluto contiene novedad alguna que pueda ser útil al usuario, estando todos en blanco.	H2, H8, H10	A10
P11	Los perfiles están incompletos y no se pueden modificar.	No es posible modificar los perfiles de usuario, los cuales en su gran mayoría se encuentran incompletos o con errores.	H3, H5	A11
P12	No existe una calendarización de las actividades.	Existe un bloque de calendario que sin embargo no contiene ninguna información sobre las actividades a realizar por el alumno, plazos o asignaciones que se deban cumplir. Por lo que su aporte es nulo.	H1, H2, H6	A12
P13	La plataforma sólo sirve para subir material didáctico.	El único uso de la plataforma es para descargar material didáctico. Es decir no hay la posibilidad de tener acceso a foros, wikis, chats, videoconferencias, evaluaciones, etc. No se explotan todas las bondades y beneficios que ofrece Moodle.	H1, H2, H6, H7, H8, H10	A13

Tabla 10: Problemas de la Plataforma Moodle actual<sup>41</sup>.

Ahora veremos el número de problemas por cada principio de usabilidad, como podemos observar, las heurísticas más afectadas son la H2 y la H10:

ID Principio	Principio de Usabilidad	Problemas que incumplen el principio
H1	Visibilidad del sistema	P2, P3, P4, P12, P13
H2	Coincidencia entre el sistema y el mundo real	P4, P5, P8, P10, P12, P13
H3	Control y libertad del usuario	P11
H4	Consistencia y estándares	P3, P5, P7
H5	Prevención de errores	P1, P11
H6	Minimizar la carga de memoria	P4, P8, P12, P13
H7	Flexibilidad y eficacia de uso	P3, P13
H8	Diseño estético y minimalista	P2, P4, P8, P10, P13
H9	Ayuda al usuario para reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores	P9
H10	Ayuda y documentación	P6, P7, P8, P9, P10, P13

Tabla 11: Problemas que incumplen un principio<sup>42</sup>.

<sup>41</sup> Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se muestra el puntaje promedio para la severidad, frecuencia y criticidad del problema, además se calculó la desviación estándar para verificar donde los evaluadores comparten una misma opinión y en donde no:

N°	Ev. 1			Ev. 2			Ev. 3			Ev. 4			Ev. 5			Promedio			Des. Estándar		
	S	F	C	S	F	C	S	F	C	S	F	C	S	F	C	S	F	C	S	F	C
P1	5	3	8	5	3	8	4	2	6	5	3	8	4	2	6	4,6	2,6	7,2	0,5	0,5	1,1
P2	3	5	8	2	5	7	3	4	7	2	4	6	5	5	10	3	4,6	7,6	1,2	0,5	1,5
P3	3	4	7	2	4	6	2	5	7	1	4	5	3	4	7	2,2	4,2	6,4	0,8	0,4	0,9
P4	3	3	6	3	4	7	4	5	9	3	5	8	5	5	10	3,6	4,4	8	0,9	0,9	1,6
P5	3	4	7	1	4	5	2	5	7	1	4	5	5	5	10	2,4	4,4	6,8	1,7	0,5	2
P6	3	3	6	3	4	7	2	5	7	3	4	7	5	5	10	3,2	4,2	7,4	1,1	0,8	1,5
P7	2	3	5	2	2	4	1	2	3	2	3	5	5	5	10	2,4	3	5,4	1,5	1,2	2,7
P8	3	3	6	2	4	6	4	5	9	3	4	7	3	4	7	3	4	7	0,7	0,7	1,2
P9	4	3	7	4	2	6	5	3	8	4	2	6	3	3	6	4	2,6	6,6	0,7	0,5	0,9
P10	3	3	6	2	4	6	1	3	4	2	3	5	2	2	4	2	3	5	0,7	0,7	1
P11	4	3	7	1	4	5	2	3	5	1	2	3	3	4	7	2,2	3,2	5,4	1,3	0,8	1,7
P12	2	3	5	3	4	7	2	4	6	3	4	7	5	5	10	3	4	7	1,2	0,7	1,9
P13	5	4	9	4	4	8	3	4	7	4	4	8	5	5	10	4,2	4,2	8,4	0,8	0,4	1,1

Tabla 12: Severidad, Frecuencia y Criticidad<sup>43</sup>.

En el cuadro anterior se puede observar que la severidad presenta valores dispersos que van del 1 al 5. La menor severidad fue asignada al problema 10 "Los foros de noticias del sitio no muestran información alguna", debido a que no afecta de manera significativa al funcionamiento de la plataforma o al aprendizaje. Por otro lado la mayor severidad fue asignada al problema 1 con un puntaje promedio de 4,6, ya que es un problema que afecta directamente el funcionamiento de la plataforma.

Asimismo en la frecuencia se observa que problema con mayor puntaje promedio es el problema 2: "Diseño de la página de inicio poco amigable", que más que frecuente, es un problema fijo, ya que la plataforma está así y no ha cambiado para nada. Por otro lado los problemas con menor frecuencia fueron los problemas 1 y 9.

Las desviaciones estándar de la severidad, frecuencia y criticidad para cada problema han sido variadas, es decir los evaluadores asignaron diferentes puntajes para cada uno de los problemas.

En el análisis de la criticidad se observar que el problema más crítico es el 13: "La plataforma sólo sirve para subir material didáctico", ya que los usuarios consideran que no se está empleando la plataforma para brindar todos los servicios necesarios a los alumnos.

<sup>42</sup> Ibídem.

<sup>43</sup> Ibídem.

#### 4.3. Análisis de las principales plataformas de enseñanza virtual libres

Al revisar el marco teórico hemos podido aprender que un LMS es un programa que podemos instalar en un servidor para poder gestionar la enseñanza o un curso en todos sus aspectos: gestión de usuarios, recursos, actividades, módulos, permisos, reportes, exámenes, calificaciones, foros, videoconferencias, chats, etc; mientras que un LCMS es lo mismo que un LMS pero con una peculiaridad (la de los CMS), la de poder administrar todos los contenidos del sistema. Es como si tuviéramos un CMS dentro de un LMS. Mientras que en el LMS sólo podemos agregar contenidos para compartir por ejemplo en la clase, con el LCMS podemos cambiar la forma de visualización de nuestro LMS, cambiándole los contenidos como menús, submenús, agregar opciones a la plantilla principal y demás cosas que hacemos en Joomla, Drupal, Viccolo, etc. pero para nuestro LMS (Martínez 2008: 1). Algunos ejemplos de programas LMS y LCMS se enumeran a continuación:

- LMS: AiraM, Bazaar, Blackboard, Bodington, Bolingos, Claroline, Chef, Clloquia, Dokeos, Eduplone, Kewl, Learnloop, Moodle, Olive, Saba, Sakai, Webct, Wimba, etc.
- LCMS: Atutor, Java LCMS, OLAT, Open LCMS.

Para el presente estudio se ha visto por conveniente la implementación de un LMS. Estos sistemas son los más difundidos y usados, además de ser los que más se adecuan a nuestras necesidades ya que presentan un diseño simple, con enlaces, módulos o funciones agrupadas y sobretodo son de uso intuitivo, lo cual es ideal para nuestros usuarios: profesores y alumnos que, en la mayoría de casos, nunca han interactuado con una plataforma de este tipo. Actualmente existen diversos LMS, los cuales podríamos agrupar en dos: los de software libre y los de software privado. Los primeros pueden ser usados sin necesidad de un pago por compra y/o licencias, además de ser de código abierto.

A continuación vamos a revisar las principales características y bondades de algunos softwares libres para poder determinar cuál es el más adecuado a nuestras necesidades.

##### 4.3.1 Sakai

El proyecto de Sakai es un software totalmente libre de entorno modular y que es gestionado por la Fundación Sakai, la cual tiene aproximadamente a 100 universidades como miembros.

Sakai se distribuye con licencia ECL (Educational Community License). Está escrito en el lenguaje de programación JAVA JEE, utiliza como servidor de base de datos HSQLDB (HyperSQL Data Base) una base de datos integrada en la plataforma o gestores independientes

como MySQL. Sigue las especificaciones de SCORM e IMS. Está disponible para plataformas (Linux) y navegadores libres (Mozilla, Netscape), y plataformas (Unix, Mac OS X y Windows) y navegadores propietarios (Internet Explorer) (Macías 2010: 64).



Figura 26: Interfaz gráfica Sakai<sup>44</sup>.

El proyecto de Sakai es un software totalmente libre de entorno modular y que es gestionado por la Fundación Sakai, la cual tiene aproximadamente a 100 universidades como miembros.

Sakai se distribuye con licencia ECL (Educational Community License). Está escrito en el lenguaje de programación JAVA JEE, utiliza como servidor de base de datos HSQLDB (HyperSQL Data Base) una base de datos integrada en la plataforma o gestores independientes como MySQL. Sigue las especificaciones de SCORM e IMS. Está disponible para plataformas (Linux) y navegadores libres (Mozilla, Netscape), y plataformas (Unix, Mac OS X y Windows) y navegadores propietarios (Internet Explorer) (Macías 2010: 64).

Su arquitectura es totalmente modular, se divide en cinco bloques (Gómez 2015: 6):

- Componentes de Servicio: es el núcleo del sistema y sirve de base para los demás componentes del sistema.
- Herramientas Java: herramientas y extensiones que generan toda la funcionalidad para el usuario.

<sup>44</sup> Fuente: <https://confluence.sakaiproject.org/display/SPANISH/S2G+-+Spanish+Sakai+Group>.

- Capa de Presentación: es la que se encarga de la presentación e interfaz gráfica del software.
- Servicios Web: para la interoperabilidad entre servicios ofrecidos por terceros.
- Aplicaciones externas: todas aquellas aplicaciones externas que dan funcionalidad o usan funcionalidades de Sakai.

Esta plataforma contiene las herramientas básicas de cualquier plataforma de enseñanza virtual. Pero tiene particular atención en las herramientas que sirven al alumno para la creación de materiales y al docente para dar información al alumno sobre trabajos (las herramientas llamadas de portafolio orientadas al alumno).

Las principales herramientas que brinda Sakai se dividen en cuatro grupos:

- Herramientas generales de colaboración: anuncios, recursos, lista de usuarios, wiki, blog, calendario, chat, foro, glosario, pagina web, noticias.
- Herramientas de enseñanza y aprendizaje: plan de estudios, creador de lecciones, asignaciones, buzón, libro de calificaciones, pruebas y cuestionarios.
- Herramientas administrativas: cuentas, miembros, configuración de la web, editor del sitio, información de secciones, súper usuario, editor de perfiles, en-línea
- Herramientas de portafolios: asistentes y modelos, evaluaciones, informes, diseños y estilos, plantillas de portafolio.

Uno de los criterios más importante a evaluar en una plataforma de este tipo cómo los usuarios la perciben en términos de facilidad de uso e interacción con la misma. Para esto nos serviremos de ahora en adelante de un ranking efectuado por la página web Capterra<sup>45</sup>, en el cual se muestra un top 20 de los LMS más populares en el mundo. Esta clasificación de popularidad se basó en 3 elementos:

- Número de clientes (sistemas instalados).
- Número de usuarios finales.
- Presencia online (seguidores en redes sociales, apariciones en la web, foros, blogs, entre otros).

Además de esto el ranking muestra el mercado de cada LMS, es decir si es de uso académico, corporativo o compartido.

En el caso de Sakai podemos ver que se posiciona en el puesto número 16 en la general, pero si solo consideráramos a las plataformas de uso académico, se situaría en un sexto lugar, lo cual

---

<sup>45</sup> Capterra es un directorio en línea de software de negocios y vendedores.

no es malo considerando la gran cantidad de LMS que existen actualmente. Sin embargo es importante señalar que su interfaz de la parte del alumno no es de fácil de acceso ni sencilla de usar. Pero en lo que respecta a la gestión y administración de la plataforma la opinión de los usuarios es buena excepto por la visualización que tienen los usuarios del perfil de otros usuarios.

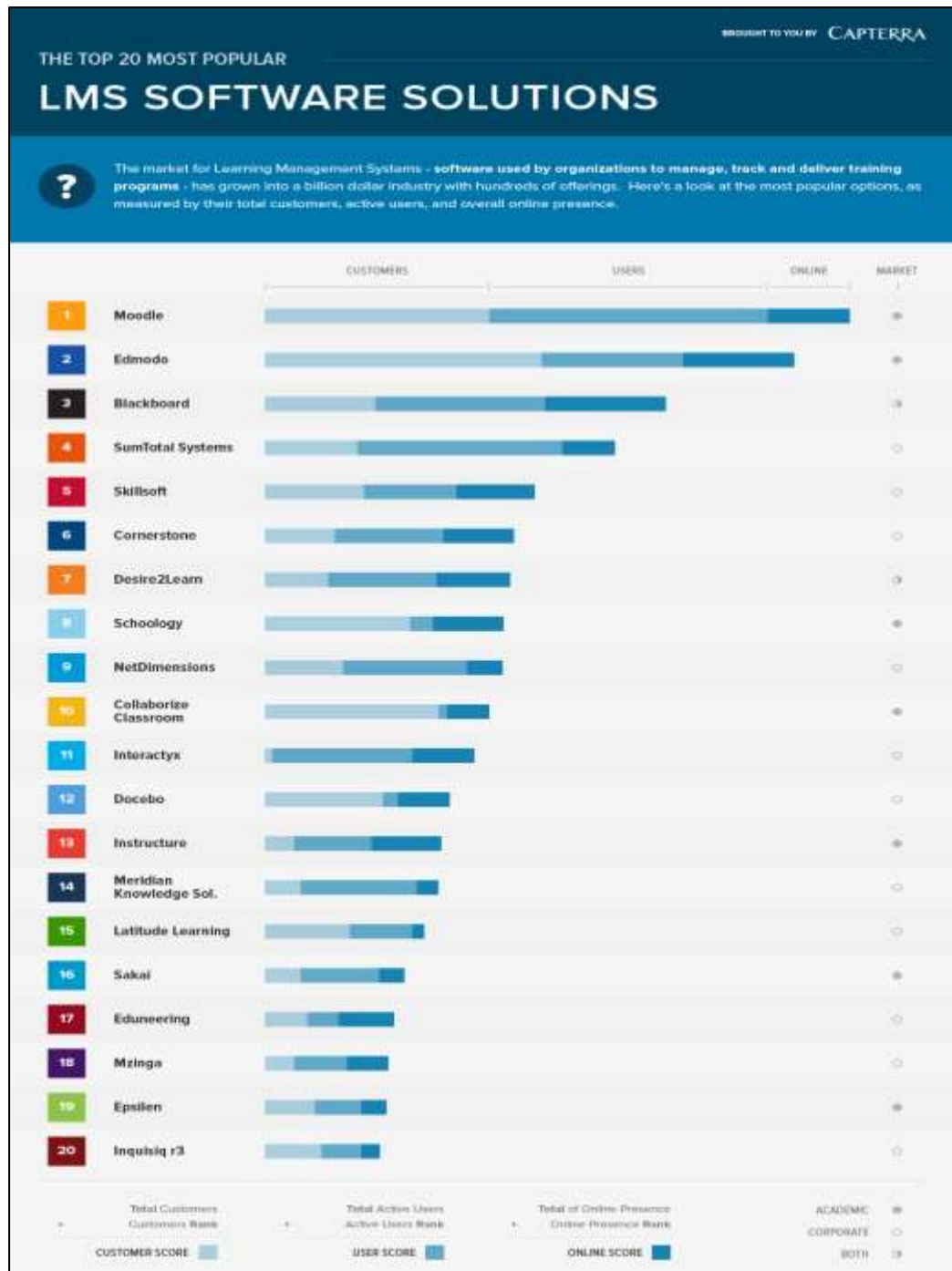


Figura 27: Top 20 LMS<sup>46</sup>.

<sup>46</sup> Fuente: <http://www.capterra.com/learning-management-system-software/>.

Es importante señalar que la arquitectura de Sakai está predispuesta para permitir la extensión de la plataforma. El diseño por capas visto hace poco, nos permite hacer extensiones de cualquier parte de la aplicación. Sin embargo la curva de aprendizaje para desarrollar extensiones es muy elevada. El desarrollo de Sakai es más complejo y laborioso.

### 4.3.2 Claroline



Figura 28: Interfaz gráfica Claroline<sup>47</sup>.

El proyecto Claroline fue iniciado en el año 2000, en el Instituto Pedagógico Universitario de Multimedia de la Universidad Católica de Lovain (Bélgica), por Thomas De Praetere, Hugues Peeters y Christophe Gesché, con la financiación de la Fundación Louvain de la misma Universidad. Desde 2004, el Centro de Investigación y Desarrollo (CERDECAM), del Instituto Superior de Ingeniería Belga (ECAM), participa en el desarrollo de Claroline, con un equipo financiado por la Región Valona. Una comunidad internacional de profesores y desarrolladores, contribuye con el desarrollo de este proyecto desde su creación (Anteliz 2013: 1).

Claroline se distribuye con licencia GNU/GPL. Está escrito en el lenguaje de programación PHP, utiliza MySQL como SGBD (Sistema Gestor de Base de Datos). Sigue las especificaciones de SCORM1 (Sharable Content Object Reference Model) e IMS2 (Instruction Management Systems). Está disponible para plataformas (Linux), navegadores libres (Mozilla, Netscape), plataformas (Unix, Mac OS X y Windows) y navegadores propietarios (Explorer) (Macías 2010: 34).

<sup>47</sup> Fuente: <http://plataformaslibres.blogspot.com/>.

Este programa necesita de servidores tipo apache, Microsoft IIS o PHP y uno o más servidores de base de datos MYSQL. Esta última capacidad de poder repartir entre varios servidores datos y conexiones, hace que se consiga una mayor eficiencia del sistema. Un gráfico de una posible implementación de este LMS podría ser la siguiente:

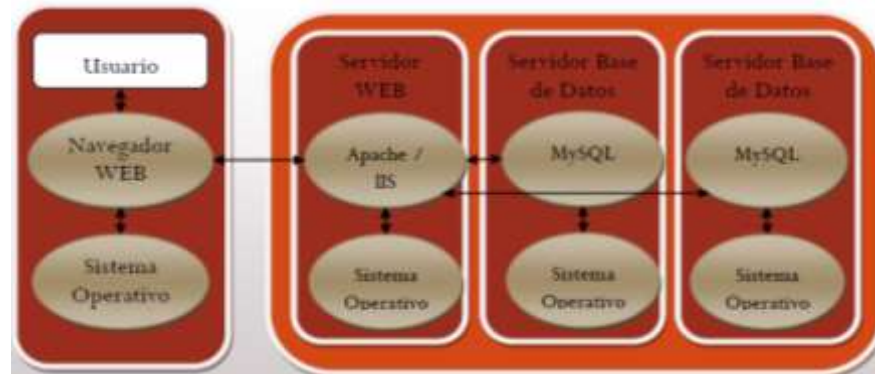


Figura 29: Posible despliegue de un sistema Claroline<sup>48</sup>.

Claroline trabaja en el concepto asociado a un curso o espacio de trabajo educativo. En cada espacio de trabajo, el profesor tiene una serie de herramientas para (Wikipedia 2015):

- Escribir una descripción del curso.
- Publicar documentos en cualquier formato (texto, PDF, HTML, vídeo, etc.).
- Administrar foros públicos o privados.
- Desarrollar itinerarios de aprendizaje (compatible con SCORM).
- Crear grupos de participantes.
- Ejercicios Compositor (compatible con IMS / QTI estándar 2).
- Estructurar una agenda con tareas y fechas límite.
- Publicar anuncios (también por correo electrónico).
- Proponer trabajo para hacer en línea.
- Ver las estadísticas de los ejercicios de asistencia y terminación.
- Utilizar un wiki para escribir documentos en colaboración.

A partir del ranking Capterra mostrado anteriormente, se puede observar que Claroline no aparece en el mismo, es decir su popularidad no es muy alta como la de otras plataformas como Moodle o Sakai. Por un lado Claroline presenta una interfaz bastante sencilla, diseñada para que sea de fácil uso por cualquier persona, hasta por aquellas que la usan por primera vez, esto se puede deducir de su interfaz pulcra y minimalista; pero por otro lado la parte

<sup>48</sup> Fuente: Macías 2010: 35.

de gestión y administración no es tan intuitiva y fácil como la de los usuarios. En general los puntos a mejorar por este LMS son la difícil gestión por parte de los administradores, el chat, la videoconferencia y las herramientas de evaluación.

Finalmente cabe señalar que Claroline puede ampliar sus servicios gracias a módulos o plugins, se tiene conocimiento que hay más de 16 módulos oficiales adicionales que forman parte de su instalación básica pero hay otros no validados que se pueden descargar de internet.

### 4.3.3 Moodle

Moodle fue creado por Martin Dougiamas, quien fue administrador de WebCT en la Universidad Tecnológica de Curtin. Basó su diseño en las ideas del constructivismo en pedagogía que afirman que el conocimiento se construye en la mente del estudiante en lugar de ser transmitido sin cambios a partir de libros o enseñanzas, y en el aprendizaje cooperativo. Un profesor que opera desde este punto de vista crea un ambiente centrado en el estudiante que le ayuda a construir ese conocimiento con base en sus habilidades y conocimientos propios en lugar de simplemente publicar y transmitir la información que se considera que los estudiantes deben conocer.

La primera versión de la herramienta apareció el 20 de agosto de 2002, a partir de allí han aparecido nuevas versiones de forma regular. Actualmente Moodle supera los 70 millones de usuarios en más de 53 mil sitios registrados, siendo traducida a casi 80 idiomas diferentes en todo el mundo. Dentro de Latinoamérica, Brasil y Colombia son los países que registran más sitios Moodle.



Figura 30: Estadísticas actuales de Moodle<sup>49</sup>.

<sup>49</sup> Fuente: <https://moodle.net/stats/>.

En cuanto a los requisitos técnicos, Moodle está desarrollado en PHP y, como Claroline, requiere de una plataforma con sistema gestor de bases de datos y un servidor Web. Una característica única de Moodle es que se ha desarrollado pensando en la portabilidad, es así que soporta diversos sistemas de base de datos: PostgreSQL, MySQL, SQL Server, Oracle SQL, etc. Una posible implementación de esta plataforma se muestra en el siguiente gráfico; es importante señalar que lo recomendable es que el servidor web y el de base de datos estén siempre separados ya que en Moodle las operaciones de registro de eventos son constantes.

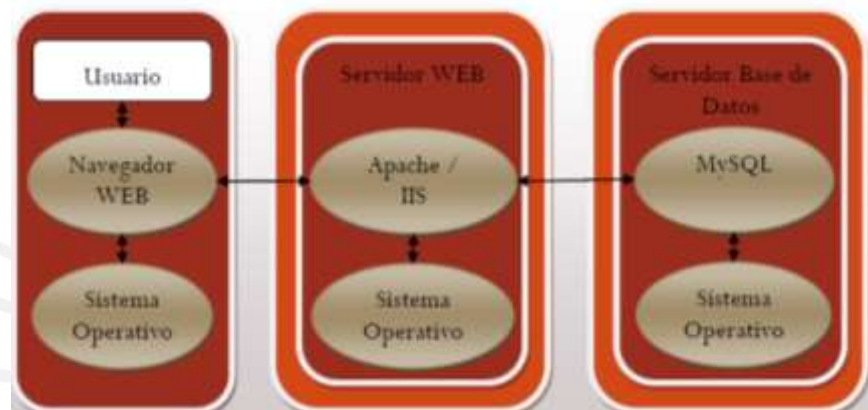


Figura 31: Posible implementación de Moodle<sup>50</sup>.

Moodle es una plataforma de tipo modular, es decir sus funcionalidades se encuentran divididas en diferentes módulos que se pueden implementar en el sistema. Estos módulos son los siguientes (Macías 2010: 57):

- Módulos de actividades: son los correspondientes a las actividades y los recursos que se pueden incluir en los cursos. Entre los principales, tenemos: módulo de tareas, módulo foro, módulo diario, módulo cuestionario, módulo recurso, módulo encuesta y módulo wiki.
- Bloques: son los elementos modulares que forman parte de la estructura tabular de Moodle, los bloques se muestran en los laterales de la página. Entre los principales, tenemos: búsqueda global, calendario, canales RSS remotos, entrada aleatoria del glosario, usuarios en línea, novedades, actividad reciente, mensajes.
- Filtros: son aplicaciones que analizan el texto que se introduce en las actividades y en los recursos y aplica filtros que

<sup>50</sup> Fuente: MACÍAS, Diego 2010: 56.

modifican el resultado final. Los principales son: notación TeX, auto-vinculación de página Wiki, censura, actividades auto-enlazadas, algebra, plugins multimedia, tidy.

En cuanto al criterio de popularidad de la plataforma, podemos afirmar que Moodle es la plataforma más difundida a nivel mundial, el ranking de LMS de Capterra visto anteriormente nos lo confirma situando a esta plataforma en el primer lugar en cuanto a número de clientes, en los cuales supera por amplia mayoría a los demás, sin embargo la plataforma de pago Edmodo la supera en cuanto a clientes y seguidores en redes sociales.

Moodle presenta una interfaz sencilla y simple de usar tanto para alumno como para profesores, la organización de la pantalla y el acceso rápido y fácil a sus diferentes funcionalidades la hace una plataforma muy intuitiva. Por otro lado es importante señalar que Moodle no es una plataforma adecuada para creación de contenidos sino más bien para la gestión de los mismos.

Como ya hemos comentado antes Moodle está pensada con el objetivo de ser completamente modular, casi todas sus funciones pueden ser extendidas por medio de plugins o extensiones. La plataforma ofrece una amplísima cantidad de maneras de personalizar el sitio, por este motivo actualmente en su repositorio se pueden encontrar más de 600 extensiones y continuamente se están incluyendo nuevas o actualizando las existentes. Otro factor que ayuda a que las capacidades de extensión de Moodle sean ideales, es la amplísima documentación que se puede encontrar en su página web y que la instalación de todos los módulos es muy simple, basta con copiar el código en su carpeta correspondiente y activar la extensión desde el menú de administrador (Macías 2010: 63).

#### **4.4. Diseño de la plataforma virtual de educación**

Tal como se ha observado en el punto 4.2, la plataforma Moodle actual del CITEN cuenta con diversos problemas, varios de los cuales tienen un factor de criticidad alto por lo que deben ser corregidos. En este apartado veremos que, con el diseño aplicado a la nueva plataforma propuesta, los problemas mencionados se han superado satisfactoriamente. La versión de Moodle utilizada para el presente trabajo fue la más actualizada a la fecha, que es la versión 2.8.

En primer lugar empezaremos viendo los requerimientos técnicos mínimos a fin de implementar esta plataforma en el Data Center principal. Lo que se ha visto por conveniente, dadas las dimensiones de nuestra red, es lo siguiente:

- Servidor web
- Memoria RAM 8 GB
- TRES (03) Discos Duros 1 TB
- S. O. Windows Server 2012
- Tarjeta de Red externa

Desde la página Moodle.org se deberá descargar el paquete de instalación de la versión estable ya sea para Windows o Mac OS X. Se debe verificar el paquete de instalación, si este viene con XAMPP, entonces incluye PHP, PHPMyAdmin y MySQL; software nativo para Moodle, también se pueden emplear otros tipos de bases de datos (Oracle y SQL Server). Una vez instalado se puede comenzar con la personalización y desarrollo de la plataforma.

Sin embargo, para el propósito del presente estudio se ha efectuado el diseño de la plataforma virtual, llamada "Campus CITEN", a través del portal gratuito para desarrolladores [www.milaulas.com](http://www.milaulas.com), el cual nos proporciona alojamiento gratuito además de todas las herramientas necesarias para el diseño y personalización de nuestra plataforma virtual, generando así una versión de prueba la cual una vez aprobada, se implementaría en los servidores del Data Center principal. A continuación se efectuará un resumen de la metodología empleada para el diseño y personalización de la plataforma.

Para la configuración de la pantalla de inicio, se va al bloque de Administración de Sitio, Apariencia, Temas y Selector de temas. El tema seleccionado será "Essential". Ahora dentro de la carpeta Essential, se tendrá que configurar las opciones: general, cabecera, pie de página, front page y slide show.

- General: se subió una imagen del escudo de la Marina con estilo mosaico.



Figura 32: Diseño y personalización de Moodle: General<sup>51</sup>.

<sup>51</sup> Fuente: <https://campusciten.milaulas.com/>.

- Cabecera: aquí se realiza la personalización del ícono y logo del sitio, el título de la cabecera y la barra de título.

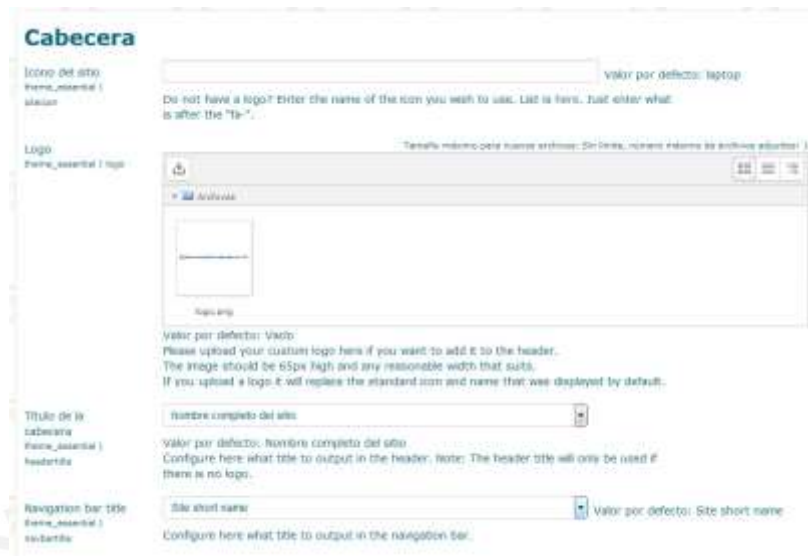


Figura 33: Diseño y personalización de Moodle: Cabecera<sup>52</sup>.

- Pie de página: se deberá considerar como copyright el nombre completo de la institución.

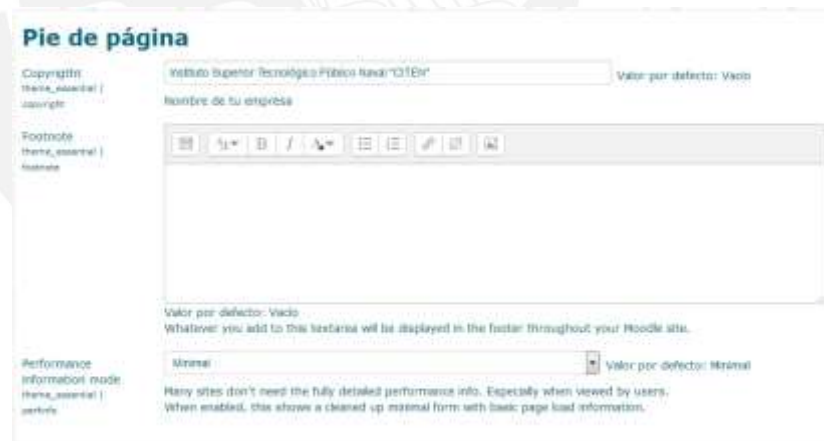


Figura 34: Diseño y personalización de Moodle: Pie de página<sup>53</sup>.

- Front page (Primera plana del sitio): la configuración de la página principal y de los bloques de portada (Front page blocks) se dejarán por defecto. Luego se maqueta bloque por bloque de la siguiente manera: (1) Título, (2) Imagen, (3) Contenido, (4) Si se requiere Link text o Url link, (5) Link target (destino de link).

<sup>52</sup> Ibidem.

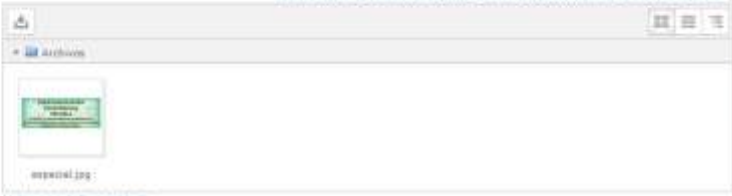
<sup>53</sup> Ibidem.


### Marketing spot three

Enter the settings for your marketing spot.

**Título**  
 theme\_essential | marketing3  
 Valor por defecto: Vacío  
 Title to show in this marketing spot.

**Icono**  
 theme\_essential | marketing3/icon  
 Valor por defecto: star  
 Name of the icon you wish to use. List is here. Just enter what is after "fe-", e.g. "star".

**Imagen**  
 theme\_essential | marketing3/image  
  
 Valor por defecto: vacío  
 This provides the option of displaying an image above the text in the marketing spot.

**Contenido**  
 theme\_essential | marketing3/content  
  
 Valor por defecto: Vacío  
 Content to display in the marketing box. Keep it short and sweet.

**Link text**  
 theme\_essential | marketing3/buttontext  
 Valor por defecto: Vacío  
 Text to appear on the button.

**URL Link**  
 theme\_essential | marketing3/buttonurl  
 Valor por defecto: Vacío  
 URL the button will point to.

**Link target**  
 theme\_essential | marketing3/target  
 Valor por defecto: new page  
 Choose how the link should be opened.

**Mostrar mensajes importantes a sus usuarios en la página principal**

Esto mostrará una alerta (o múltiple) en tres días.  Desactivar estos cuando ya no sean necesarios. [Guardar cambios](#)

**Primera alerta**

Figura 35: Diseño y personalización de Moodle: Front Page<sup>54</sup>.

- Slide show: sólo se determina el número de diapositivas, las demás opciones por defecto dentro de la presentación dinámica de la primera página (Dynamic slide show for the front page). Luego se pasa a diseñar y preparar cada presentación (Slide). Se puede considerar el título (Slide title), la imagen (Slide image) y un link con su respectivo destino para la imagen (Slide link y Link target).

<sup>54</sup> Ibidem.

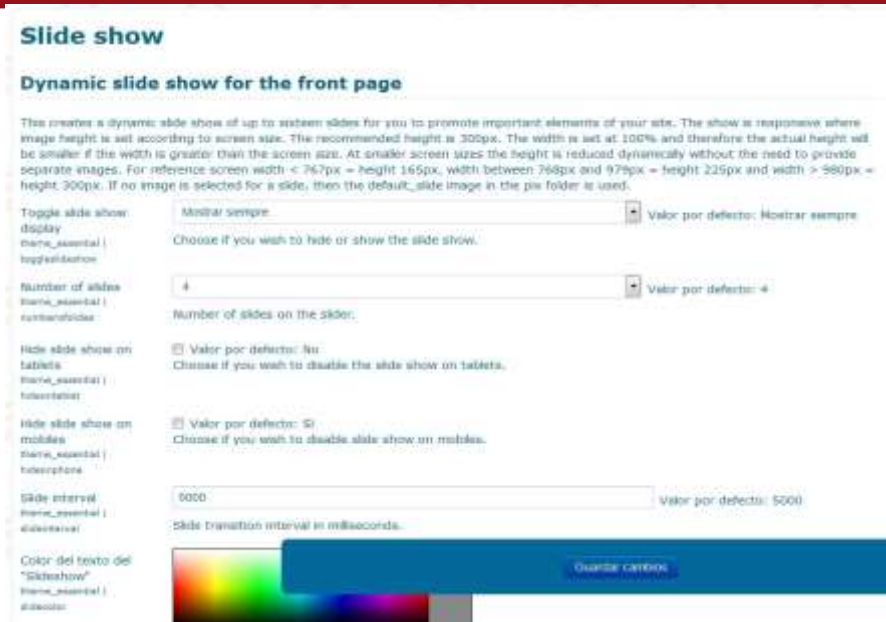


Figura 36: Diseño y personalización de Moodle: Slide Show<sup>55</sup>.

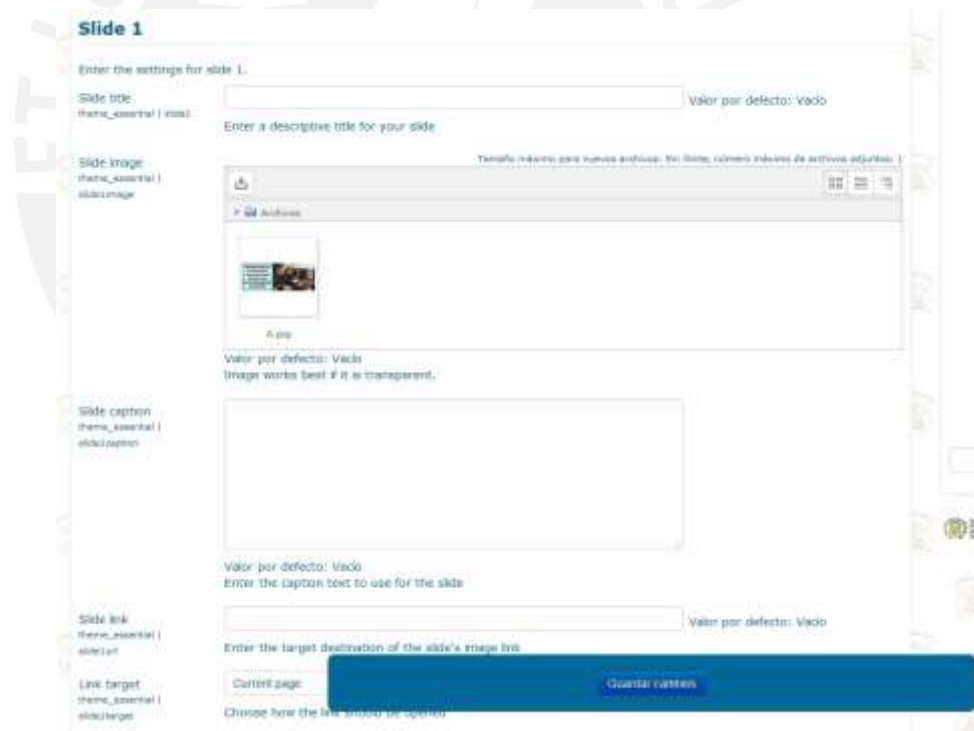


Figura 37: Diseño y personalización de Moodle: Slide Show<sup>56</sup>.

Luego, para realizar ajustes a la página principal, vamos a esta misma carpeta y seleccionamos la opción Ajustes de la página principal. Aquí se deberá considerar lo siguiente: (1) Nombre completo, (2) Nombre corto,

<sup>55</sup> Íbidem.

<sup>56</sup> Íbidem.

(3) Descripción de la página principal, (4) Mostrar los ítems de noticias, (5) Cursos inscritos; las demás opciones por defecto.



**Ajustes de la página principal**

Nombre completo del sitio (fullname): Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Naval "CITEN" **1**

Nombre corto para el sitio (una palabra) (shortname): Campuscten **2**

Descripción de la página principal (summary): **3**

Página Principal (frontpage): **4**

Elementos de la página principal al entrar al sitio (frontpageoptions): **5**

Profundidad máxima de la categoría (maxcategorydepth): Sin límite. Valor por defecto: 2

Número máximo de cursos (frontpagecoursestok): 200. Valor por defecto: 200

Incluir una sección de tema:  Valor por defecto: Si se selecciona, se mostrará una sección en la página principal del sitio.

Guardar cambios

Figura 38: Diseño y personalización de Moodle: Ajustes de la página principal<sup>57</sup>.








<sup>57</sup> Ibidem.

Continuando con la personalización, del bloque Administración, seleccionamos la opción Ajustes de la página principal y Activar edición, lo cual nos permitirá “Editar” cada parte de la página principal.



Figura 39: Diseño y personalización de Moodle: Página principal<sup>58</sup>.

Así también se mostraran otras opciones de edición como:

Editar informe  Mover , Editar ajustes , Ocultar , Asignar roles , , Borrar .

En cuanto a la gestión de usuarios, se pasará a explicar las principales opciones que se emplean en cuanto a cuentas y permisos.

- Cuentas:
  - Ojear lista de usuarios: esta opción permite realizar búsquedas de usuarios.
  - Acciones de usuarios masivas: como enviar mensajes, borrar, forzar cambio de contraseña, añadir a cohorte.
  - Agregar usuario: permite crear un usuario a partir de datos requeridos (nombres, apellidos, contraseña y correo electrónico).
  - Cohorte: es muy útil para crear grupos de usuarios con el fin de realizar matriculaciones grupales.
  - Subir usuarios: permite subir usuarios masivos mediante un archivo \*.csv.

<sup>58</sup> Íbidem.



Figura 40: Diseño y personalización de Moodle: Menú administración de sitio<sup>59</sup>.

Permisos:

- Administradores del sitio: esta opción muestra los administrados actuales y permite definir al administrador principal de la página (Main Administrator) y designar los administradores.
- Definir roles: muestra los roles que trae el Moodle por defecto y permite crear sus propios roles a partir de nuestros requerimientos.



Figura 41: Diseño y personalización de Moodle: Menú permisos<sup>60</sup>.

<sup>59</sup> Íbidem.

<sup>60</sup> Íbidem.

En cuanto a la gestión de categorías y cursos, se explicará las principales opciones que se emplean:



Figura 42: Diseño y personalización de Moodle: Menú Cursos<sup>61</sup>.

- Administrar cursos y categorías: desde aquí se podrán visualizar las categorías y cursos existentes así como también editar y crear nuevos.



Figura 43: Diseño y personalización de Moodle: Gestión de cursos<sup>62</sup>.

- Añadir una categoría.
- Restaurar curso: por intermedio de esta herramienta se puede restaurar un curso a partir de una copia.
- Copias de seguridad: permite ver y/o modificar la configuración por defecto, determinar los ajustes por defectos de importación y realizar copias de seguridad programadas.
- Subir cursos: a partir de un archivo \*.csv u otro compatible.

<sup>61</sup> Íbidem.

<sup>62</sup> Íbidem.

Finalmente, después del diseño y personalización efectuados, se ha logrado superar los problemas vistos en la plataforma actual, a continuación se presenta una tabla donde se muestran los problemas actuales y la acción tomada en la plataforma propuesta, además posteriormente se muestran algunas imágenes del diseño final del "Campus CITEN":

ID Prob.	Problema Plataforma Actual	Nueva Plataforma Propuesta
P1	Error de cargado de la plataforma: Al tratar de ingresar al Moodle desde la página web del CITEN, la plataforma demora mucho en cargar y al final aparece un error de carga que indica un error de comunicación con el servidor o que éste está ocupado.	Al estar la plataforma alojada en servidores de características técnicas adecuadas y con un ancho de banda dedicado, estos problemas no se repetirán.
P2	Diseño de la página de inicio poco amigable: La página de inicio de la plataforma no tiene un diseño adecuado ni información relevante que la haga atractiva para el usuario. No existe una imagen que identifique al CITEN	Se ha cambiado la página de inicio de la plataforma, haciéndola sumamente intuitiva, amigable y de fácil acceso, lo cual hace que el usuario se sienta atraído a explorarla.
P3	No se aprovechan los espacios en los diferentes enlaces de la plataforma: En todas las categorías, subcategorías y otros enlaces de la plataforma, la distribución de espacios no es la apropiada, teniendo la mayor parte de las páginas en blanco. Dichos espacios pueden ser aprovechados para colocar información de interés, bloques, etc.	Se ha buscado aprovechar al máximo los espacios en las diferentes páginas, agregando imágenes, textos, bloques y otras características que hacen que el usuario cuente con mayor información.
P4	Diseño de toda la plataforma poco amigable y poco atractivo: En toda la plataforma no existen animaciones, imágenes, videos, detalles, etc. que hagan la plataforma amigable y atractiva para el usuario.	Se han incluido animaciones, videos, imágenes, archivos, presentaciones, etc. que hacen la plataforma mucho más amigable y atractiva para el usuario.
P5	Error en la presentación de datos al seleccionar el idioma Ingles: Cuando se selecciona en la parte superior derecha de la plataforma el idioma Ingles, se puede visualizar que todo el contenido no cambia de idioma, como la misión y la visión.	Se ha deshabilitado la opción de pasar a idioma inglés ya que era innecesaria debido q que todos los alumnos hablan el español.
P6	No hay manual de ayuda o guía del participante: En ninguna parte de la plataforma se encuentra un enlace para que el usuario tenga acceso a información de ayuda o a alguna guía del participante.	Se ha incluido un manual de usuario de la plataforma y una guía del participante por cada curso en el cual el alumno esté matriculado.
P7	No existe una estandarización en la presentación del listado de cursos y docentes: El listado de cursos no tiene una estandarización para todos los diferentes semestres de los programas académicos, mostrando en algunos casos el profesor a cargo del curso con su respectiva hoja de vida y en otros no. A ciertas hojas de vida les falta información.	Se ha estandarizado la presentación de los cursos y de los docentes. Se ha incluido debajo de cada curso el profesor a cargo con un link a su perfil.
P8	La presentación del material didáctico es insuficiente y poco atractiva: El material didáctico de los cursos está organizado para ser cargado por semanas, lo cual lo hace poco atractivo y poco amigable, inclusive en algunas o todas las semanas de algunos cursos no existe ningún material didáctico.	El material didáctico se ha organizado en bloques, dándole un diseño más amigable y de fácil acceso. En cada bloque se incluye el material didáctico y las actividades a realizar.

P9	No se pueden descargar ciertos archivos: Hay algún material didáctico de ciertos cursos que no se puede descargar ya que aparece un mensaje que dice que "el archivo solicitado no se encuentra".	Todo el material didáctico que se encuentra en la plataforma se puede descargar sin ningún problema.
P10	Los foros de noticias del sitio no muestran información alguna: Ningún foro de noticias en absoluto contiene novedad alguna que pueda ser útil al usuario, estando todos en blanco.	Los foros de noticias se han usado en donde han sido necesarios y contienen información para los alumnos.
P11	Los perfiles están incompletos y no se pueden modificar: No es posible modificar los perfiles de usuario, los cuales en su gran mayoría se encuentran incompletos o con errores.	Cada usuario deberá registrar todos sus datos personales en el sistema para poder acceder al mismo con la opción de modificarlo posteriormente.
P12	No existe una calendarización de las actividades: Existe un bloque de calendario que sin embargo no contiene ninguna información sobre las actividades a realizar por el alumno, plazos o asignaciones que se deban cumplir. Por lo que su aporte es nulo.	Existe una calendarización de las actividades y eventos por cada curso, así el alumno puede ver desde el inicio del curso las fechas que tiene que cumplir.
P13	La plataforma sólo sirve para subir material didáctico: El único uso de la plataforma es para descargar material didáctico. Es decir no hay la posibilidad de tener acceso a foros, wikis, chats, videoconferencias, evaluaciones, etc. No se explotan todas las bondades y beneficios que ofrece Moodle.	Se ha aprovechado al máximo los recursos que ofrece Moodle, y por cada curso existe la posibilidad de efectuar foros, chats, videoconferencias, entre otras.

Tabla 13: Comparación plataforma actual y plataforma propuesta<sup>63</sup>.



Figura 44: Diseño y personalización de Moodle<sup>64</sup>.

<sup>63</sup> Íbidem.

<sup>64</sup> Íbidem.



Figura 45: Diseño y personalización de Moodle<sup>65</sup>.



Figura 46: Diseño y personalización de Moodle.



Figura 47: Diseño y personalización de Moodle<sup>66</sup>.

<sup>65</sup> Íbidem.

<sup>66</sup> Íbidem.

## CONCLUSIONES

1. Luego de haber analizado las particularidades de un instituto de formación militar, se ha evidenciado que éstas influyen directamente sobre el dimensionamiento de la red y del tráfico de la misma. Por lo tanto la cobertura, el número de AP y el ancho de banda a requerir son menores que los que se tendrían en cualquier otro instituto.
2. Se ha verificado que la situación actual del CITEN en cuanto a TICs es muy grave por lo que el proceso de aprendizaje y enseñanza se dificulta significativamente. En tal sentido se hace indispensable contar con un acceso a internet y a la plataforma virtual de calidad y suficiente para todos los alumnos y docentes.
3. De la evaluación efectuada, se ha visto que el mejor tipo de red para el CITEN es una WLAN con arquitectura abierta y topología estrella con cinco troncales de fibra óptica que conecten el switch core con los switches de tipo 2, lo cual garantiza la gestión centralizada, alta disponibilidad, velocidad de transferencia y la escalabilidad. La cantidad de AP necesarios, se ha determinado gracias al modelo de diseño por capacidad y su ubicación a través del software Aerohive WiFi Planner.
4. El mecanismo de seguridad WPA2 cumple con el protocolo 802.11i, el cual satisface los requerimientos de seguridad necesarios para una red educativa como la que se quiere implementar en el CITEN.
5. Del análisis de los diferentes softwares libres tipo LMS, se ha evidenciado que Moodle es la plataforma más adecuada y con mejores cualidades para el CITEN. La gran cantidad de sitios y usuarios con los que cuenta a nivel mundial, garantiza su constante desarrollo y continuidad en beneficio de los sectores educativos.
6. La evaluación Heurística ha demostrado que la plataforma Moodle actual del CITEN tiene muchos problemas, algunos de los cuales tienen un nivel de criticidad bastante alto (la plataforma sólo sirve para subir material didáctico, diseño de la plataforma poco amigable y poco atractivo, etc.), lo cual la hace inadecuada para cumplir con los objetivos de aprendizaje y enseñanza por parte de alumnos y docentes respectivamente. Se hace necesario su reemplazo por una plataforma Moodle de mejor diseño, más amigable y atractiva al usuario.
7. La plataforma Moodle propuesta cubre todos los problemas encontrados en la plataforma Moodle actual del CITEN, el diseño y personalización efectuados han hecho que la plataforma sea completamente amigable, atractiva, didáctica, sin errores y sobretodo se han aprovechado al máximo las funciones que brinda la versión 2.8 de Moodle.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] ANDREU, Fernando; LESTA Amaia; PELLEJERO, Izaskun  
2006. "Redes WLAN. Fundamentos y aplicaciones de seguridad".  
Colección de Guías Técnicas. Barcelona: Marcombo S.A.  
[https://books.google.com.pe/books?id=k3JuVG2D9IMC&pg=PA165&lpg=PA165&dq=seguridad+en+redes+wlan+izaskunpellejero&source=bl&ots=8Eog5udW8P&sig=zU21zYXl6V3oAmH\\_2ZoOup16-o&hl=es-419&sa=X&ei=Bq85VevTllzUsAXJvICwCA&ved=0CBsQ6AEwAA#v=onepage&q=seguridad%20en%20redes%20wlan%20izaskunpellejero&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=k3JuVG2D9IMC&pg=PA165&lpg=PA165&dq=seguridad+en+redes+wlan+izaskunpellejero&source=bl&ots=8Eog5udW8P&sig=zU21zYXl6V3oAmH_2ZoOup16-o&hl=es-419&sa=X&ei=Bq85VevTllzUsAXJvICwCA&ved=0CBsQ6AEwAA#v=onepage&q=seguridad%20en%20redes%20wlan%20izaskunpellejero&f=false).
- [2] ANTELIZ, Patricia  
2013. "Claroline". Publicación del 10 de abril 2013. Blog Sistemas de Gestión de Contenidos. Consulta: 20 de setiembre 2014.  
[http://patriciaanteliz.blogspot.com/2013/04/e-commerce\\_10.html](http://patriciaanteliz.blogspot.com/2013/04/e-commerce_10.html).
- [3] BARRENECHEA ZAVALA, Taylor  
2011. "Diseño de una red inalámbrica para una empresa de Lima". Tesis de licenciatura en Ingeniería Electrónica. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Consulta: 16 de abril 2014. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/>
- [4] BECERRA, Fran  
2014. "Cómo Wifi 802.11ac conseguirá conexiones inalámbricas de 1 Gbps". Omicrono.com. Escrito el 21 de mayo 2014. Consulta: 23 agosto 2014. <http://www.omicrono.com/2014/05/como-wifi-802-11ac-conseguira-conexiones-inalambricas-de-1-gbps/?acceptarCookies=d2a77e27717489920f58e848e731dc6ccb5858f5>
- [5] CAÑELLAS, Alicia  
2012. "CMS, LMS y LCMS". Publicación del 11 junio 2012. Blog noticias de uso didáctico. Consulta: 20 de julio 2014.  
<http://www.noticiasusodidactico.com/blog/2011/06/cms-lms-y-lcms/>
- [6] GEORGE, Enrique  
S/A. "Sistemas de Gestión de Aprendizaje-LMS". Material de Enseñanza. Hidalgo: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Formación docente en el uso de las TIC. Consulta: 18 de setiembre 2014.  
<http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/Maestria/MTE/admon%20del%20aprendizaje/Unidad%201/Sistemas%20de%20gestion%20de%20aprendizaje%20LMS.pdf>

- [7] GIURGIU, Luminita; BÂRSAN, Ghita; MOSTEANU, Danut  
2014. "Coping with boundaries and overlapping between CMS, LMS and LCMS systems". Revista: The International Scientific Conference eLearning and Software for Education. Bucarest, 2014, tomo 2, pp. 202-207. Consulta: 16 de abril 2014.  
<http://search.proquest.com.ezproxybib.pucp.edu.pe:2048/docview/1534136996/3404DB6098CF4FE3PQ/1?accountid=28391>.
- [8] GÓMEZ, Priscilla  
2015. Plataforma E-Learning Sakai (Diapositivas). Chiguagua: Colegio de estudios científicos y tecnológicos. Consulta: 2 de abril 2015.  
<http://es.slideshare.net/pkaulitz/sakai-2>.
- [9] HILERA José y HOYA Rubén  
2010. "Estándares de e-learning: Guía de consulta". Guía de Consulta. Alcalá: Universidad de Alcalá. Consulta: 15 setiembre 2014.  
<http://www.cc.uah.es/hilera/GuiaEstandares.pdf>.
- [10] HERRUTINER, Sergio  
2013. "Evaluación de las Plataformas Educativas Virtuales en una Entidad del Estado". Tesis para optar el grado de Magíster en Informática con mención en Ingeniería de Software. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- [11] LÓPEZ, Jorge  
2007. "Redes Inalámbricas Wireless LAN". Monografía para obtener el título de licenciado en sistemas computacionales. Hidalgo: Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Consulta 15 setiembre 2014.  
<http://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/documentos/Redes%20inalambricas%20wireless%20LAN.pdf>.
- [12] MACÍAS, Diego  
2010. "Plataformas de enseñanza virtual libres y sus características de extensión: Desarrollo de un bloque para la gestión de tutorías en Moodle". Proyecto Fin de Carrera en Ingeniería Informática. Alcalá: Universidad de Alcalá, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática. Consulta: 23 enero 2015.  
<http://www2.uah.es/libretics/files/Tutorias.pdf>.

- [13] MARTÍNEZ, Magda  
2008. "Diferencias entre un LMS y un LCMS. ¿Cuál implementar?".  
Publicación del 13 de setiembre 2008. Blog los Cantos de Maldoror – E-  
Learning. Consulta: 20 de julio 2014.  
<http://mirkhala.blogspot.com/2008/09/diferencia-entre-un-lms-y-un-lcms-cul.html>.
- [14] MELL, Peter; GRANCE, Timothy  
2011. "The NIST definition of cloud computing". Recomendaciones del  
Instituto Nacional de Estándares y Tecnologías, U.S. Department of  
Commerce. Gaithersburg. Consulta: 2 octubre 2014.  
<http://faculty.winthrop.edu/domanm/csci411/Handouts/NIST.pdf>
- [15] MENDOZA HUERTA, Michael  
2010. "Diseño y Administración centralizada de Redes WLAN CENTRUM  
Católica". Tesis de licenciatura en Ingeniería Electrónica. Lima: Pontificia  
Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.  
Consulta: 16 de abril 2014. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/>
- [16] MENÉNDEZ, Noemi  
2013. "Diferencias entre CMS, LMS, LCMS y EVA (elearning)". Publicación  
del 27 de noviembre 2013. Blog sobre intervención social y nuevas  
tecnologías. Consulta: 20 de julio 2014.  
<http://e-ducacion.info/e-learning/diferencias-entre-cms-lms-lcms-y-eva-elearning/>
- [17] MONTALVO, José  
2013. "El B-learning, como propuesta en el reforzamiento en el  
aprendizajes de los estudiantes de las licenciaturas en Educación".  
Investgación sobre el uso de plataformas virtuales. ENRA. Consulta: 27  
de enero 2015.  
<http://registromodeloeducativo.sep.gob.mx/Archivo;jsessionid=31eeb9416d293efddf12504856fc?nombre=10375-Ponencia+Montalvo+Plataforma+Virtual+de+ense%F1anza.docx>.
- [18] OSUNA, Ma Rosario y DE LA CRUZ, Estefanía  
2010. "Los sistemas de gestión de contenidos en Información y  
Documentación". Revista General de Información y Documentación.  
Madrid, 2010, tomo 20, pp. 67-100. Consulta: 2 de setiembre 2014.  
<http://search.proquest.com/docview/838982753?accountid=28391>

- [19] SÜRAL, Irfan  
2010. "Characteristics of a sustainable Learning and Content Management System (LCMS)". Material de enseñanza. Meselik: Universidad Eskisehir Osmangazi. Consulta: 20 setiembre 2014.  
[http://ac.els-cdn.com/S1877042810024031/1-s2.0-S1877042810024031-main.pdf?\\_tid=3b37f816-49c2-11e4-bde6-00000aab0f02&acdnat=1412206109\\_bddd97799fd83dddf33885fc795fea4a](http://ac.els-cdn.com/S1877042810024031/1-s2.0-S1877042810024031-main.pdf?_tid=3b37f816-49c2-11e4-bde6-00000aab0f02&acdnat=1412206109_bddd97799fd83dddf33885fc795fea4a)
- [20] TENA, Xavier  
2013. "Cómo conocer el uso actual de las redes basadas en IEEE 802.11". Trabajo de fin de carrera Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña. Consulta: 10 de mayo 2014.  
<http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/20067/1/memoria.pdf>
- [21] Wikipedia  
Página Oficial de Wikipedia. Consulta: 10 de mayo 2014  
<http://www.wikipedia.com>

