



**UNAPEC**  
**UNIVERSIDAD APEC**

**Decanato de Ingenierías e Informática**

**Escuela de Informática**

**SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA GESTIÓN DE  
ASISTENCIAS DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD  
APEC, R.D.**

**SUSTENTANTES:**

<b>Erick José Tejeda Dionicio</b>	<b>2006-1717</b>
<b>Emmanuel de los Santos Cordero</b>	<b>2007-2529</b>
<b>Lorenzo Reyes</b>	<b>2008-0036</b>

**Monografía para Optar por el título de Ingeniería en Sistemas de  
Computación e Ingeniería en Sistemas de Información**

**Asesor  
Ing. Santo Rafael Navarro**

**Distrito Nacional**

**2017**



---

# ÍNDICE

---

<b>LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>VI</b>
<b>LISTA DE ABREVIACIONES.....</b>	<b>IX</b>
<b>DEDICATORIAS.....</b>	<b>XI</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>XII</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>XIV</b>
<b>CAPÍTULO I: LA GESTIÓN DE ASISTENCIAS EN LA UNIVERSIDAD UNAPEC.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LAS ASISTENCIAS .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. SOBRE LA UNIVERSIDAD APEC.....</b>	<b>3</b>
1.2.1. ESTUDIANTES .....	4
1.2.2. PERSONAL DOCENTE.....	4
1.2.3. CRÉDITO UNIVERSITARIO.....	5
1.2.4. MATERIA.....	5
1.2.5. DEPARTAMENTO DE REGISTRO.....	5
1.2.6. EL CAMPUS 1 DE LA UNIVERSIDAD APEC .....	6
1.2.7. LA ASISTENCIA .....	8
1.2.7.1. <i>Proceso actual de asistencia</i> .....	8
<b>1.3. ENTREVISTA DE SATISFACCIÓN DEL ACTUAL PROCESO DE CONTROL DE ASISTENCIAS.....</b>	<b>9</b>
<b>1.4. IRREGULARIDADES Y OPORTUNIDADES DE MEJORAS ACTUALES EN EL PROCESO DE REGISTRO DE ASISTENCIAS.....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO II: HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL DE ASISTENCIAS .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1. TECNOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN.....</b>	<b>17</b>
2.1.1. TECNOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN CODIFICADAS .....	18
2.1.1.1. <i>Identificación por radiofrecuencia (RFID)</i> .....	18
2.1.2. BIOMÉTRICOS .....	19
<b>2.2. TÉCNICAS DE LOCALIZACIÓN DE INTERIORES .....</b>	<b>20</b>
2.2.1. CLASIFICACIÓN BASADA EN TECNOLOGÍA.....	21
2.2.1.1. <i>Tecnología óptica</i> .....	22
2.2.1.2. <i>Tecnología de radiofrecuencia</i> .....	23

2.2.2.	CLASIFICACIÓN BASADA EN ALGORITMOS DE POSICIÓN.....	24
<b>2.3.</b>	<b>TECNOLOGÍA DE LOCALIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN RFID .....</b>	<b>29</b>
2.3.1.	COMPONENTES.....	30
2.3.1.1.	<i>Etiquetas (tags)</i> .....	31
2.3.1.2.	<i>Lectores (Readers)</i> .....	34
2.3.1.3.	<i>Middleware</i> .....	35
2.3.1.4.	<i>Computador</i> .....	36
2.3.2.	RANGO DE FRECUENCIA .....	36
2.3.3.	FUNCIONAMIENTO .....	37
2.3.4.	TIPO, CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO Y VELOCIDAD DE LECTURA.....	37
2.3.5.	ESTÁNDARES.....	38
2.3.6.	SEGURIDAD .....	39
2.3.7.	OBJETIVO .....	41
<b>2.4.</b>	<b>TECNOLOGÍA DE LOCALIZACIÓN WI-FI.....</b>	<b>42</b>
2.4.1.	COMPONENTES.....	43
2.4.2.	FUNCIONAMIENTO .....	44
2.4.2.1.	<i>Espectro de dispersión</i> .....	44
2.4.2.2.	<i>Marco de gestión de la trama</i> .....	45
2.4.2.3.	<i>Escaneo</i> .....	46
2.4.2.4.	<i>Asignaciones de espectro</i> .....	46
2.4.3.	ESTÁNDARES.....	47
2.4.4.	FRECUENCIAS Y COBERTURA .....	48
2.4.5.	SEGURIDAD .....	48
2.4.6.	OBJETIVO .....	49
<b>2.5.</b>	<b>IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN POR RECONOCIMIENTO FACIAL. ....</b>	<b>50</b>
2.5.1.	ALGORITMOS DE IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN A TRAVÉS DE VIDEO. ....	52
2.5.2.	OPEN TLD.....	53
2.5.2.1.	<i>Rastreo</i> .....	55
2.5.2.2.	<i>Detección</i> .....	55
2.5.2.3.	<i>Aprendizaje</i> .....	56
2.5.3.	OPENCV .....	56
2.5.4.	REPRESENTACIÓN DEL OBJETO.....	59
2.5.5.	DETECCIÓN DE ROSTROS Y DETECCIÓN FACIAL.....	59
	ALGORITMO DE VIOLA JONES.....	63
2.5.5.1.	<i>Integral de la Imagen</i> .....	64
2.5.5.2.	<i>Características de Haar</i> .....	65
2.5.5.3.	<i>AdaBoost</i> .....	67
2.5.5.4.	<i>Cascada de decisión</i> .....	68
2.5.6.	OBJETIVO .....	69
<b>2.6.</b>	<b>MODELADO DE LOCALIZACIÓN.....</b>	<b>70</b>
2.6.1.	MODELO SIMBÓLICO.....	71
2.6.2.	MODELO GEOMÉTRICO .....	72

<b>2.7.</b>	<b>SISTEMA DE INFORMACIÓN.....</b>	<b>74</b>
<b>2.8.</b>	<b>HERRAMIENTA DE DESARROLLO.....</b>	<b>75</b>
2.8.1.	VISUAL STUDIO.....	75
<b>2.9.</b>	<b>BASE DE DATOS.....</b>	<b>76</b>
2.9.1.	BASE DE DATOS ESPACIALES.....	76
2.9.2.	SQL.....	77
<b>2.10.</b>	<b>APLICACIONES WEB.....</b>	<b>78</b>
<b>2.11.</b>	<b>SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (GIS).....</b>	<b>79</b>
2.11.1.	LA REPRESENTACIÓN DE LOS DATOS.....	79
<b>2.12.</b>	<b>COMPUTACIÓN EN LAS NUBES.....</b>	<b>80</b>
<b>2.13.</b>	<b>SEGURIDAD.....</b>	<b>81</b>
<b>CAPITULO III: PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE ASISTENCIA PARA UNAPEC.....</b>		<b>83</b>
<b>3.1.</b>	<b>METODOLOGÍA DE DESARROLLO.....</b>	<b>84</b>
<b>3.2.</b>	<b>VISIÓN DE LA SOLUCIÓN.....</b>	<b>86</b>
3.2.1.	DESCRIPCIÓN DE LOS USUARIOS.....	87
3.2.2.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA.....	87
3.2.3.	FUNCIONES DEL SISTEMA.....	94
<b>3.3.</b>	<b>REQUISITOS DEL SISTEMA.....</b>	<b>96</b>
3.3.1.	FUNCIONALES.....	96
3.3.2.	INTERFACES DE COMUNICACIÓN.....	97
3.3.3.	REQUISITOS TECNOLÓGICOS.....	98
3.3.4.	RENDIMIENTO.....	99
<b>3.4.</b>	<b>REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.....</b>	<b>100</b>
3.4.1.	REQUERIMIENTOS FUNCIONALES.....	100
3.4.2.	REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES.....	103
<b>3.5.</b>	<b>CASOS DE USO.....</b>	<b>104</b>
3.5.1.	CONTEXTO.....	104
3.5.2.	PAQUETE: REGISTRO DE ASISTENCIA.....	107
3.5.3.	PAQUETE: TOMA ASISTENCIAS.....	107
3.5.4.	PAQUETE: CONSULTA DE ASISTENCIA.....	109
3.5.5.	PAQUETE: CONFIGURACIÓN.....	109
<b>3.6.</b>	<b>MODELADO CONCEPTUAL.....</b>	<b>111</b>
3.6.1.	IDENTIFICACIÓN DE CONCEPTOS Y CLASES.....	111
3.6.2.	DIAGRAMA DE CLASES.....	112
<b>3.7.</b>	<b>COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA.....</b>	<b>114</b>

<b>3.8. MODELO DE DATOS.....</b>	<b>115</b>
<b>3.9. DISEÑO DE PANTALLAS .....</b>	<b>116</b>
<b>3.10. PROPUESTA ECONÓMICA .....</b>	<b>119</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>123</b>
<b>BIBLIOGRAFÍAS.....</b>	<b>125</b>
<b>ANEXO A: ORGANIGRAMA DE UNAPEC .....</b>	<b>128</b>
<b>ANEXO A: REGLAMENTOS DE LA UNIVERSIDAD APEC SOBRE LA ASISTENCIA A LA CLASE.....</b>	<b>129</b>
<b>ANEXO C: MODELADO DE INFRAESTRUCTURA DEL CAMPUS I DE UNAPEC .....</b>	<b>135</b>
<b>ANEXO D: POSICIONAMIENTO DE APS EN EDIFICIO .....</b>	<b>139</b>

---

# LISTA DE TABLAS

---

Tabla 1 - Capacidad de estudiantes por edificio.....	6
Tabla 2 - Requisitos funcionales del sistema .....	96
Tabla 3 - Requerimientos funcionales del registro de asistencia.....	100
Tabla 4 - Requerimientos funcionales de la toma de asistencia.....	101
Tabla 5 - Requerimientos funcionales de consultas de asistencias.....	102
Tabla 6 - Requerimientos funcionales de configuración .....	102
Tabla 7 - Requerimientos no funcionales .....	103
Tabla 8 - Conceptos y clases del sistema SAGA .....	111
Tabla 9 - Presupuesto SAGA .....	119

---

# LISTA DE FIGURAS

---

Ilustración 1 - Campus 1 de la Universidad APEC (Vista área) Fuente: (Google)	7
Ilustración 2 - Proceso actual de toma de asistencia.....	9
Ilustración 3 - Identificación por radiofrecuencia. Fuente (Control de acceso Ruy) .....	18
Ilustración 4 - Biometría.....	19
Ilustración 5 - Representación de reconocimiento facial. Fuente (Computer Science at Brown University).....	20
Ilustración 6 – Trilateración. Fuente ( (García Polo, 2008) .....	25
Ilustración 7 – Multilateración. Fuente (Koutsou, 2009).....	26
Ilustración 8 - Triangulación. Fuente (García Polo, 2008) .....	26
Ilustración 9 - Mediciones fingerprint. Fuente (Chen , Li , Zhao , Rizos , & Zheng , 2013) .....	28
Ilustración 10 - Modelo de posicionamiento mediante fingerprint (Chen , Li , Zhao , Rizos , & Zheng , 2013).....	28
Ilustración 11 - Precios de tags RFID cada año. Fuente (VDC Research Group) .....	29
Ilustración 12 - Componentes de un sistema RFID. Fuente (Portillo, Belén Bermejo, & Bernardos, 2008) .....	31
Ilustración 13 - Etiquetas RFID pasivas. La izquierda representa una tarjeta de PVC con la incorporación en su interior de una antena y chip. La de la izquierda es un tag adhesivo. ....	31
Ilustración 14 - Tags pasivos vs activos. Fuente (Portillo, Belén Bermejo, & Bernardos, 2008).....	32
Ilustración 15 - Formatos de etiquetas RFID. Fuente: (Portillo, Belén Bermejo, & Bernardos, 2008).....	34
Ilustración 16 - Comparativa de cada rango de frecuencia. Fuente: (Portillo, Belén Bermejo, & Bernardos, 2008) .....	36
Ilustración 17 - Estándares EPC de RFID. Fuente: (Portillo, Belén Bermejo, & Bernardos, 2008).....	39
Ilustración 18 - Ejemplo de identificación en el curso por RFID.....	41
Ilustración 19 - Infraestructura Wi-Fi. Fuente (Cisco) .....	43
Ilustración 20 - Estándares 802.11x. Fuente (Brian Bai, 2016) .....	47

Ilustración 21 - Características del estándar 802.11. Fuente (PEÑAHERRERA ACURIO, 2015) .....	48
Ilustración 22 - Infraestructura de localización mediante RSSI (Torteeeka, 2014)50	
Ilustración 23 - Esquema de reconocimiento y detección facial. Fuente: (Espinoza Olgúin & Jorquera Guillen, 2015) .....	52
Ilustración 24 - Diagrama en bloque de la plataforma TLD. Fuente (Casa Guix, 2009) .....	54
Ilustración 25 - - Diagrama en bloque detallado de la plataforma TLD. Fuente: (Planells Lerma, 2009) .....	55
Ilustración 26 - Logo de OpenCV .....	56
Ilustración 27 - Arquitectura OpenCV. Fuente ( Chamizo Alberto, 2013) .....	58
Ilustración 28 - Representación de objetos. (a) Centrado, (b) múltiples puntos, (c) rectangular, (d) elíptico, (e) múltiples partes, (f) esqueleto del objeto, (g) contorno con puntos, (h) contorno del objeto, (i) silueta de forma de la imagen. ....	59
Ilustración 29 - Detección del rostro. Fuente ( Planells Lerma, 2009) .....	60
Ilustración 30 - Métodos de reconocimiento facial.....	61
Ilustración 31 - Conjunto de rostros Eigenfaces. Fuente (Planells Lerma, 2009)62	
Ilustración 32 - Flujograma de algoritmo de Viola Jones. Fuente (Espinoza Olgúin & Jorquera Guillen, 2015).....	63
Ilustración 33 - Características de Haar. Fuente (Planells Lerma, 2009) .....	66
Ilustración 34 - Característica seleccionada por Adaboost. Fuente (Planells Lerma, 2009) .....	68
Ilustración 35 - Cascada de clasificadores. Fuente (Planells Lerma, 2009) .....	68
Ilustración 36 - Modelo de edificio dividido en secciones. Fuente (Mirzaei, 2005) .....	71
Ilustración 37 - Modelado simbólico de un edificio. Fuente (Mirzaei, 2005) .....	72
Ilustración 38 - Modelado geométrico de una habitación en 2 y 3 dimensiones. Fuente (Mirzaei, 2005) .....	73
Ilustración 39 - Modelado geométrico dividido en secciones. Fuente (Mirzaei, 2005) .....	74
Ilustración 40 - Representación de datos GIS .....	80
Ilustración 41 - Modelo de computación en las nubes. Fuente (Magazcitur) ....	81
Ilustración 42 - Modelo en cascada para el desarrollo de ingeniería de software. Fuente : (wikispace de la Universidad Nacional José María Arguedas) .....	85
Ilustración 43 - Visión general de la solución .....	86
Ilustración 44 - Arquitectura general SAGA.....	88
Ilustración 45 – Infraestructura RFID.....	89
Ilustración 46 - Infraestructura Wi-Fi.....	91

Ilustración 47 - Sistema de reconocimiento facial.....	92
Ilustración 48 - Infraestructura de video vigilancia.....	94
Ilustración 49 - Caso de uso: diagrama de actores .....	105
Ilustración 50 - Diagrama de contexto .....	105
Ilustración 51 - Organización en paquete del sistema SAGA .....	106
Ilustración 52 - Caso de uso de registro de asistencias .....	107
Ilustración 53 - Caso de uso de toma de asistencias .....	108
Ilustración 54 - Caso de uso de consulta de asistencias .....	109
Ilustración 55 - Caso de uso de configuración.....	110
Ilustración 56 - Diagrama de clases (Diagrama de entidad) del sistema SAGA.....	113
Ilustración 57 - Diagrama de flujo del sistema SAGA.....	114
Ilustración 58 - Modelado de base de datos SAGA .....	115
Ilustración 59 - Pantalla de registro de asistencia .....	116
Ilustración 60 - Pantalla del Estudiante .....	117
Ilustración 61 - Pantalla vista de tags y mapas.....	118

---

# LISTA DE ABREVIACIONES

---

1D	Unidimensional
2D	De dos dimensiones
3D	Tridimensional
AOA	Ángulo de Llegada
API	Interfaz de programación de aplicaciones
Aps	Puntos de Acceso
Auto-ID	Automatic Identification, o identificación automática
C++, .NET	Programa aplicaciones
CCTV	Circuito cerrado de televisión
EPC	Código electrónico de producto
GIS	Sistema de Información Geográfica
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
ID	Identificación
IDE	Entorno de desarrollo integrado.
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
IP	Protocolo de Internet
IT	Tecnologías de la información
LAN	Red de área local
LOS	Línea de Visión
LWAPP	Protocolo de punto de acceso ligero
MAC	Control de acceso de medios
NLOS	Sin Línea de Vista
OPN	Open Tracking Learning Detection
TLD	
RF	Radiofrecuencia
RFID	Identificación de radiofrecuencia
ROI	Retorno de la Inversión
RS-232	Puerto de comunicación
RSSI	Intensidad de señal recibida Indicación
SSID	Identificador de conjunto de servicio SSID
Tags	Etiquetas
TCP/IP	Protocolo de transmisión/protocolo de internet
TdoA	Tiempo Diferencia de Llegada
TOA	Tiempo de Llegada
ToA	Hasta la hora de Llegada

TOF	Tiempo de vuelo
UHF	Ultra Alta Frecuencia
UWB	Banda ultra ancha
Wi-Fi	Fidelidad inalámbrica
WLAN	Red local inalámbrica
XML	Lenguaje extendido de marcado

---

# DEDICATORIAS

---

Sin duda alguna le dedico mi graduación así como todos mis éxitos a mi madre, Pura Cordero. Ella es la persona que me ha llevado a lo que soy y donde estoy. En la vida uno se va a encontrar muchos retos, y me han mostrado que todos los retos que decidas afrontar... debes llevarlos hasta el final. Gracias mil por tus esfuerzos hacia conmigo.

**Emmanuel de los Santos Cordero**

La satisfacción al graduarse no está en decir: “ya terminé”, está en ver la felicidad que sientes otros al ver tu logro alcanzado con éxito, que sin importar de que siempre están ahí pero no le prestamos tanta importancia, en el fondo es para ellos, mi familia, la familia de parte de mi es posa y de mía, en especial a mi papa José Isabel Tejeda Araujo que uno de sus sueños para conmigo es ver graduado al primero de sus hijos.

**Erick José Tejeda Dionicio**

Este trabajo va dedicado a mi esposa y a mis hijos; ustedes son y siempre serán mi motivación. Gracias a ustedes siento la incansable necesidad de ser mejor persona cada día. Gracias por brindarme su comprensión, dedicación y sobre todo por amarme incondicionalmente.

**Lorenzo Reyes**

---

# AGRADECIMIENTOS

---

A lo largo de la vida uno encuentra personas que ven en ti hasta lo que ti no puedes apreciar, y puedes sentir cariño e interés en tu bienestar indicándote con palabras tenues con un objetivo claro y fuerte, un mensaje de aliento de caminar siempre en línea recta y hacia adelante, gracias Eulalia Feliciano. Por otro lado, siempre aparecen amigos que siempre suman en tu vida tanto en lo profesional como en lo personal, gracias Iscaura Alcántara por tu colaboración como colega y seguimiento a mi proceso universitario.

**Emmanuel de los Santos Cordero**

El camino para formase como profesional es largo, con obstáculos y tropiezos en los que uno tiene que aprender a levantarse y otras debes de dejarte ayudar. Dios ha sido el mayor apoyo en esta recta final en donde se entrelazan mi vida, situaciones y emociones, y que junto a la persona que me impulsó a tomar la decisión de seguir, no conformarme y no rendirme simplemente no estuviera escribiendo estas líneas, mi amada esposa Solcandy Cruz Feliz.

**Erick José Tejeda Dionicio**

Primero quiero agradecer a Dios por nunca dejarme solo, por enseñarme que las cosas se deben dar a su justa medida, que todo tiene su momento bajo su disposición divina. Gracias a mi hermano, Juan. Gracias por enseñarme tanto, gracias por tus consejos, gracias por tu tiempo, gracias por tantas lesiones. Gracias por siempre estar ahí para mí a pesar de la distancia.

**Lorenzo Reyes**

---

# RESUMEN

---

En esta monografía se evidencia una oportunidad de mejora haciendo reingeniería de procesos y aplicando tecnologías existentes bajo el concepto de un software para la gestión del proceso de control de asistencia a clases de los estudiantes. Se plantea implementar un software que permita automatizar este proceso junto a tecnologías de identificación biométricas e identificación por radiofrecuencia con RFID y Wi-Fi. Esto para hacer aún más eficiente la automatización en las aulas al momento de pasar las listas, donde los profesores contarían con una aplicación que les permitirá de una manera sencilla confirmar la lista de asistencia y a los estudiantes les proporcionara información útil y al día del proceso de asistencia así también como mecanismos para que puedan de manera individual ponerse presentes en clase.

Además de hacer un análisis a profundidad del actual proceso de registro y control de asistencias, se realizó una encuesta de satisfacción orientada al proceso de asistencias donde se evidencia la necesidad de mejorar el proceso en beneficio de los estudiantes.

Gracias a la encuesta se logra identificar otros aspectos que tuvieron que ser tomados en cuenta en la propuesta solución que presentara el monográfico.

---

# INTRODUCCIÓN

---

Las empresas de hoy en día buscan reforzar continuamente su estructura, es una lucha que consiste en poder obtener lo que se desea en el mejor tiempo posible y con la poca intervención humana en la captura de datos. Podemos ver como el departamento de tecnología ha ido tomando terreno en las empresas con el fin de mejorar también sus procesos informáticos. Lo mismo sucede con las inversiones en tecnología, estas incrementan de la misma forma que crece la necesidad de mejorar el tratamiento de la información.

La labor de automatización de procesos es un tema muy importante a tratar y en él podemos ver como con el pasar de los años se ha ido expandiendo a las diferentes actividades de la vida y procesos cotidianos que realizan las personas, llegando a ambientes inimaginables. Este desarrollo ha afecta positivamente el mundo, ya que la efectividad y eficiencia de los sistemas ha brindado a los usuarios un mejor desempeño en sus tareas.

En la economía mundial predomina el capitalismo, el cual generalmente se basa en usufructo y explotación del hombre por el hombre, evidenciando que en la medida que aumenta la cantidad de individuos que se puede explotar, de esa misma forma aumentaran las riquezas.

No obstante, estos conceptos e ideologías están cambiando, se ha visto como las maquinas han empezado a sustituir el trabajo del hombre en aquellas

tareas que requieren mejorar considerablemente el tiempo de entrega y la calidad del producto final y en ese sentido se obtiene como resultado eficiencia y mayor capacidad productiva.

La tecnología avanza indeteniblemente marcando un cambio en la evolución de los seres humanos. Previamente la gran mayoría de los trabajos pesados eran realizados por el hombre siendo estos mismos ejecutados en la actualidad por máquinas sofisticadas. Esto ha transformado la forma en la que el hombre debe prepararse para realizar sus tareas, con el cual ya no solo basta con tener fuerza física o únicamente con saber leer y escribir, sino que debe poseer capacidades cognitivas y enriquecer sus conocimientos .

Uno de los campos en el cual repercute la automatización es en la tecnología, producto de ella, la agilización de los procesos aumenta considerablemente y en efecto, sus sistemas prosperan conjuntamente. De igual forma que en el ejemplo anterior, obliga al individuo a conocer mejor el proceso real en cuestión, para poder entender su flujo y brindar un mejor servicio. La automatización de sistemas y sus procesos es un tema sumamente importante hoy en día, todos buscan optimizar sus métodos lo más posible. Como resultado de su utilización o implementación es posible obtener instantáneamente beneficio, tales como: disminución de tiempo, aumento de capacidad de producción, aumento en ganancias, disminución en pérdidas monetarias, etc.

Automatizar se traduce en aumentar la cartera de clientes o fortalecer la posición de cualquier empresa en cualquier mercado, no obstante, se debe de tener claro que para gozar de esos beneficios, se debe primero invertir.

La universidad APEC (UNAPEC) posee una infraestructura tecnológica sumamente madura y con el paso de los años invierte aún más en esta área. Aulas mejor equipadas, personal altamente capacitado y una eficiencia sustancial en sus procesos de matriculación son características que fortalecen su posicionamiento en el mercado local e internacional.

Como es de costumbre, UNAPEC siempre busca mejorar sus procesos, automatizarlos, es el reto principal. En esta ocasión, se expondrá una mejora a uno de sus procesos cotidianos de alta prioridad e impacto para todo el personal docente y estudiantil. Este proceso del cual tratará este trabajo de grado, es proceso de registro de asistencias que se da en los cursos de la institución. El método utilizado para registrar las asistencias tienen intervención humana y el proceso sale de los paradigmas de lo que es un buen sistema, en los cuales en varios puntos de su ejecución, es propenso la desestabilización del proceso debido al error humano.

La necesidad de controlar la asistencia del alumnado ha conllevado a la creación de diferentes estrategias para sanear el problema. En muchos casos, un simple papel que circula por el aula o auditorio es suficiente y en otros casos con la ayuda de una hoja de cálculo se obtiene lo deseado (Garcia Chavez, 2005).

Esta propuesta busca mitigar este riesgo a su mínima expresión, en la cual el cual se contempla, no solo uno, sino varios métodos de registros de asistencias con el uso de varias tecnologías cotidianas y de múltiples usos para el desarrollo de otras operaciones en la institución universitaria.

La tecnología de la radiofrecuencia ha estado disponible durante varias décadas y el siglo XXI ha marcó el comienzo de una nueva era en el desarrollo y uso de la identificación por radiofrecuencia (RFID) y a través de la redes de comunicación de corto alcance basadas en radio como Wi-Fi y Bluetooth han hecho de esta, un mayor uso. En Norteamérica el uso de aplicaciones RFID ha dominado mercado creando una infraestructura global en constante mejorar. Grande empresas que se han hecho con el uso de esta tecnología como Wal-Mart en los EE.UU. y Metro en Europa, tratan RFID como una tecnología que mantendrá su poder en el mercado por mucho tiempo a través de la innovación incremental. Sin embargo, el alcance y el estilo de la tecnología RFID van mucho más allá de esta iniciativa clave. (Fine, Klym, Tavshikar, & Trossen, 2006)

Además entre todas las redes inalámbricas de área local o urbana, un buen candidato de trabajo son las redes WLAN, más comúnmente denominadas WiFi, por sus claras ventajas: facilidad de despliegue, inmensa cantidad de terminales disponibles (la gran mayoría de ordenadores actuales, móviles y videoconsolas soportan WiFi, por citar solo algunos ejemplos), escaso coste (consecuencia de la fabricación masiva de chips que ofrecen funcionalidad WiFi) y amplio número

de redes ya existentes, que nos permiten hablar de universalidad de WiFi como protocolo inalámbrico para redes locales. (Agudo de Carlos, 2009)

La tecnología de la biometría ha sido desde tiempo pasado un punto importante en materia de seguridad para los países en sí, más que las empresas. Es una de las tecnologías que recientemente ha comenzado a tener auge y aplicaciones en diversos procesos de las labores cotidianas del ser humano por la reducción de costos de los componentes para realizarla. Hoy en día contamos con una gran variedad de equipos capaces de identificar a las personas a partir de la información de alguna parte de su cuerpo como las manos, la retina, el iris, los dedos, las huellas dactilares, la voz, la firma o el rostro. Y a través de medios de uso cotidianos como las videocámaras, es más sencillo aun implementar algoritmos computacionales que puedan ayudar con la identificación de estos rasgos únicos y peculiares de las personas.

Con el auge de la informática y con las características que aportan los distintos sistemas de información, ya es posible poder integrar varias soluciones para conformar un portafolio que abarque la solución de un problema u oportunidad de negocio, proveyendo no solo la solución sino también incorporando otras nuevas funcionalidades de las cuales sacar un provecho mayor.

En este trabajo con el empleo de las tres las tecnologías mencionadas y el uso de los sistemas de información, algoritmos; plantea proponer a la institución un Sistema Automatizado de Gestión de Asistencia (SAGA) que pueda ser usado como mecanismo de registro automático de asistencia en un factor de 3 a 1 como forma redundante y fiable en sustitución del proceso manual, con el aporte de proveer integración con sistemas de información geográfico (GIS) para la localización de los estudiantes del campus a través de una aplicación web que proveerá la integración de herramientas de análisis de inteligencia de negocios e integración con otros proceso.

---

# CAPÍTULO I: LA GESTIÓN DE ASISTENCIAS EN LA UNIVERSIDAD UNAPEC

---

## 1.1. Origen y evolución de las asistencias

---

La gestión de las asistencias en una institución educativa superior es un factor importante a considerar para el cumplimiento de las normas educativas establecidas para el estudiante, así como un deber y compromiso que tiene la institución de que todo el proceso sea seguro e íntegro. En los centros de educación superior, la eficiencia y la eficacia académicas constituyen un reto, que solo es posible asumir desde la sistematización y profundización en las acciones de control y de análisis regulares del proceso docente educativo, a partir de los resultados parciales de promoción por asignaturas, semestres años y carreras (Cañizares Luna, Sarasa Muñoz, & Pérez de Armas, 2016).

El control de las asistencias en la Universidad APEC, específicamente en el Campus I, es un proceso completamente manual, entiéndase, el proceso de tomar registro de la presencia del estudiante en la clase a la cual asistir. Este mecanismo de tomar asistencias es propenso a ciertas situaciones que pueden afectar la integridad del proceso, tales como:

- Error humano en el proceso de digitación de las asistencias o las ausencias en el sistema de la institución.
- Riesgo de daño físico del listado por condiciones naturales.
- Error por parte del docente al pasar la lista.
- Error en el medio de comunicación entre el docente y el estudiante al momento de confirmar la presencia.

Hasta el momento no se han realizado esfuerzos por mejorar el proceso de asistencia en esta institución. Otras instituciones en el mundo y empresas han optado por eliminar mecanismos manuales y sustituirlos por medios convencionales como los dispositivos móviles, tarjetas inteligentes, puntos de control mediante lectores de tarjetas, etc.

En los últimos años el control digital se ha venido aplicando cada vez más en el manejo y supervisión de los procesos. Ello se explica porque al permitir una mayor automatización y coordinación en la operación de la organización. Que las logradas con los sistemas analógicos de control manuales (Szklański & Behrends, 2006).

Llevando a cabo investigaciones de trabajos ya expuestos para la solución de los procesos manuales de asistencia, junto con un análisis de una encuesta, observaciones en el campo y entrevistas realizadas; la solución a la automatización del control de asistencia puede ser realizada con diferentes mecanismos o tecnologías existentes hoy en día.

## **1.2. Sobre la Universidad APEC**

---

Con el fin de comprender y entender en su gran medida el proceso de asistencias en la Universidad APEC, debemos de conocer cada uno de los elementos que lo componen, así como el entorno donde se desarrollan. Además

es importante conocer de las normas que posee la universidad relacionadas con el proceso de asistencia, las mismas se encuentra anexas al final del trabajo.

### **1.2.1. Estudiantes**

El estudiante es la persona inscrita en la universidad para cursar materias y lograr una carrera universitaria orientada a la ciencia, arte o una disciplina en específico.

### **1.2.2. Personal docente.**

Este personal docente consta de todo el personal que hace posible los procesos de la universidad que permiten su correcto funcionamiento.

- **Personal administrativo.**

El personal administrativo es responsable de los procesos de toma de decisiones y de negocios de la universidad. Este personal atiende distintas funciones tales como: Financiero, Mantenimiento, Ingeniería, Seguridad entre otras.

- **Profesores**

Los profesores son los encargados de impartir las clases que brinda la universidad para ser cursadas por los estudiantes. Estos son personas con alta capacidad y conocimiento en distintas ramas de la ciencia, arte o disciplinas que necesitan adquirir los estudiantes para lograr el grado académico que buscan alcanzar.

- **Bedeles**

El bedel es parte del personal docente, su función principal es resguardar el control de asistencia que realizan los profesores a los estudiantes y brindar información a los estudiantes sobre la distribución de los salones y los profesores a los que estos fueron asignados. Estos reportan su trabajo al departamento de registro.

- **Seguridad**

El personal de seguridad está distribuido a lo largo de todo el plantel universitario. Este personal se encarga de accionar ante incidentes, resguardar ciertas áreas y hacer cumplir algunas normativas universitarias.

### **1.2.3. Crédito Universitario**

Es la unidad de valor asignado a las materias en función a un valor académico otorgado en un plan de estudio. Toda materia se le asigna uno o más créditos.

### **1.2.4. Materia**

Una materia es un curso que corresponde a un plan de estudio y a la cual se le asigna un valor académico en forma de créditos. Es impartida por un profesor y tiene estudiantes inscritos para tomarla en un salón o virtual en una hora específica.

### **1.2.5. Departamento de registro**

Este departamento tiene el objetivo de llevar el registro y control de todas las informaciones referentes a los estudiantes y los planes universitarios. Tiene entre

sus funciones principales el control de asistencia de los estudiantes, proceso que se lleva a cabo a través de los bedeles y los profesores. Son los responsables de la calidad y consulta de esta información.

### **1.2.6.El campus 1 de la Universidad APEC**

Este campus corresponde al área geográfica donde están ubicados los principales edificios administrativos y docentes, es aquí donde cursa la mayoría de los atediantes perteneciente a la institución educativa de APEC. Este campus será el estudio de campo de este trabajo de grado.

El Campus 1 de la Universidad APEC cuanta con 5 edificios, denominados Edificio I, Edificio II, Edificio III, Edificio IV y Edificio V.

En siguiente cuando muestra un resumen de las características de cada edificio para una capacidad total de aproximadamente 4,288 personas.

Tabla 1 - Capacidad de estudiantes por edificio

	Lab./ Talleres	Cap.	Cubículos	Cap.	Aulas	Cap.	Cap. Total
Edificio I	11	208	2	8	6	192	408
Edificio II	15	344	2	8	21	334	686
Edificio III			7	28	32	1,152	1,180
Edificio IV			2	8	23	886	894
Edificio V					35	1,120	1,120
<b>Total</b>					Cursos	156	4,288

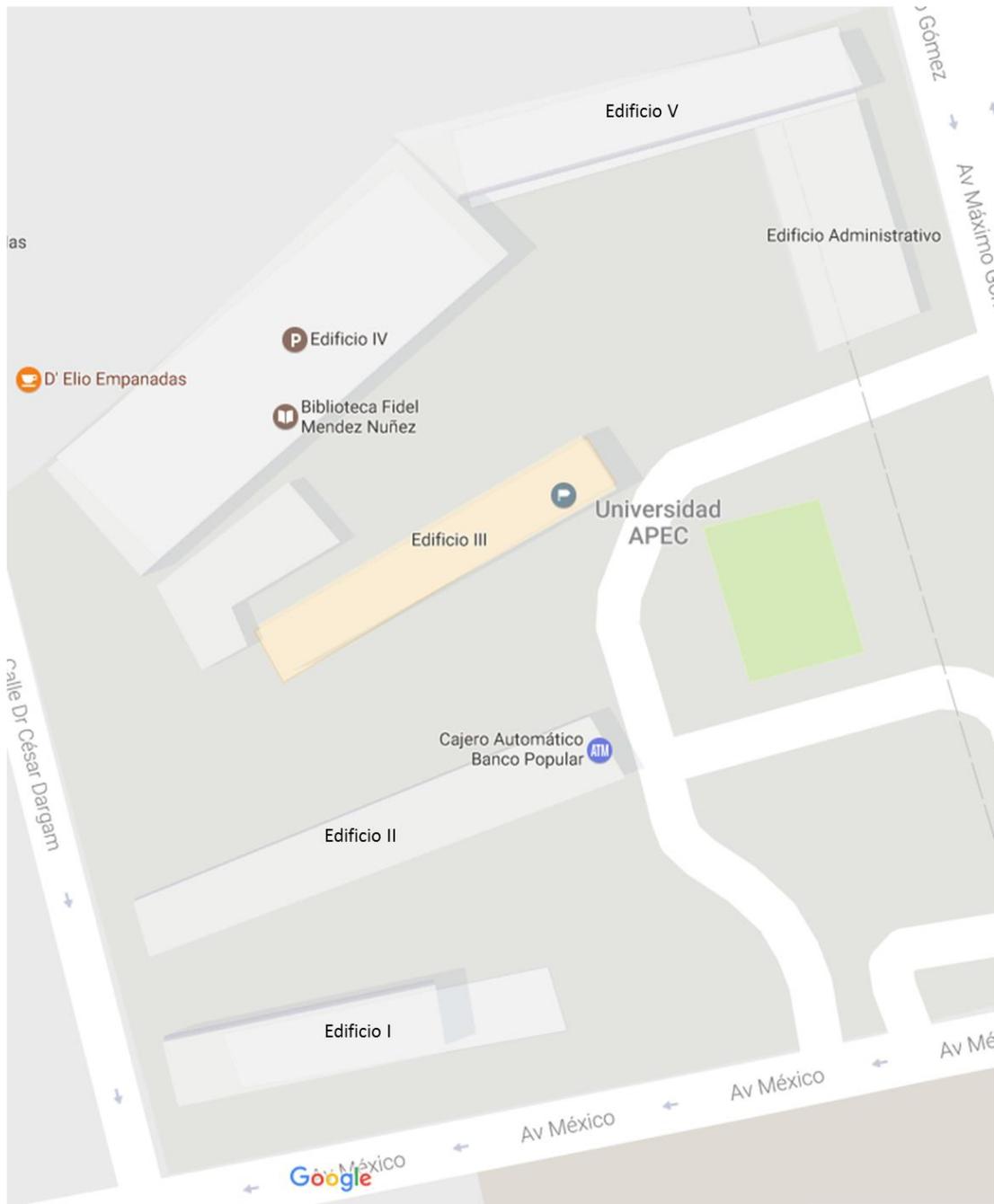


Ilustración 1 - Campus 1 de la Universidad APEC (Vista área) Fuente: (Google)

### **1.2.7.La asistencia**

Se entiende como asistencia a la acción de identificar al alumno inscrito, presente en las horas asignadas para una materia. Este proceso es controlado y validado por los profesores y finalmente reportado al departamento de registro. Hasta ahora el control solo aplica para la asistencia física a clases.

#### **1.2.7.1. Proceso actual de asistencia**

Actualmente existen tres tipos de configuraciones de asistencia para las materias: la presencial, la semi presencial y la virtual.

La asistencia presencial, es aquella donde el estudiante solo tiene como opción ir a un aula asignada en el plantel de la Universidad donde un profesor impartirá la clase de dicha materia en unos días y horas establecidas por el departamento de registro. El control de la misma es dado a través del proceso de la entrega de la lista de estudiantes registrados por materias a los profesores a través de los bedeles, luego los profesores hacen la actividad de confirmar que los estudiantes estén presentes o no, esta lista entonces es regresada a los bedeles y estos a su vez distribuyen esta información al departamento de registro de la universidad a través de una plataforma que les permite la digitación manual de todos los registros.

La asistencia virtual, es la asistencia que se realiza a través de los portales de la universidad, el mismo es monitoreado para hacer cumplir la asistencia remota del estudiante.

La asistencia semi presencial, a diferencia de la presencial, existen días y horas establecidas en la materia donde el estudiante deberá asistir a la materia dentro del entorno virtual de UNAPEC.

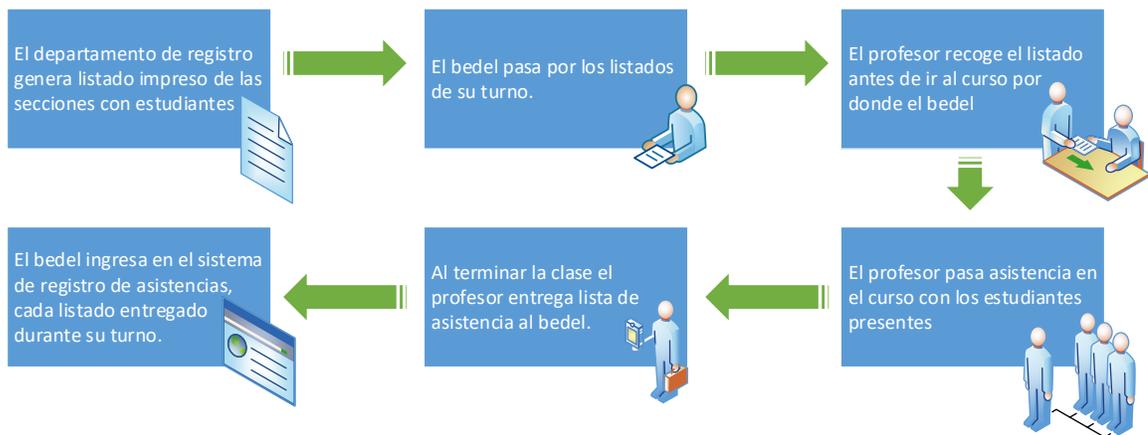


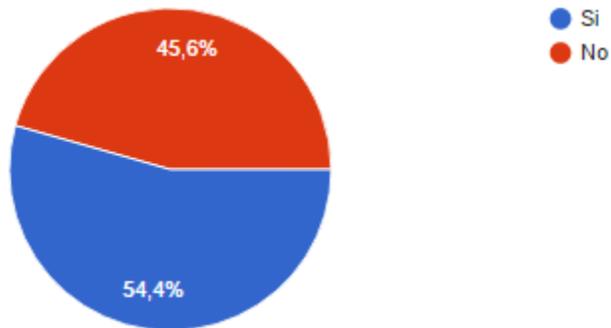
Ilustración 2 - Proceso actual de toma de asistencia

### 1.3. Entrevista de satisfacción del actual proceso de control de asistencias.

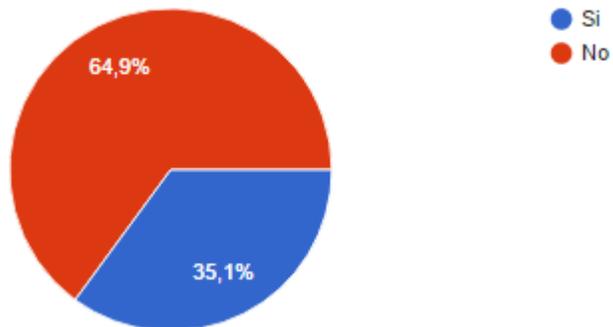
Se realizó una encuesta donde se buscaba medir el grado de satisfacción en diferentes aspectos del proceso, así como a su vez justificar la necesidad de una reingeniería de procesos y la implementación de las nuevas herramientas que se han de proponer en capítulos siguientes.

Se tomó una muestra de 200 estudiantes de la universidad donde se le indicaron las siguientes preguntas:

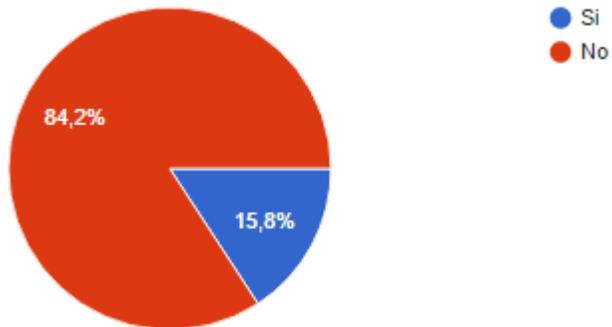
¿Considera usted que el proceso de asistencia es eficiente?



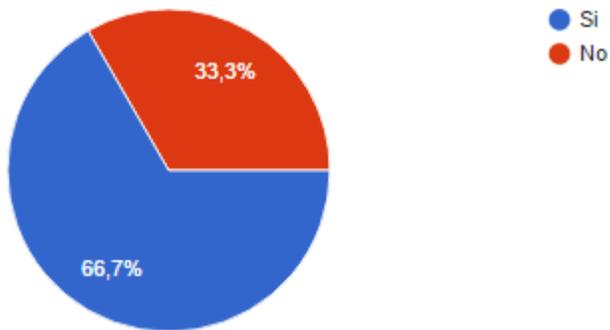
¿Ha tenido en alguna ocasión algún problema con registro de asistencia?



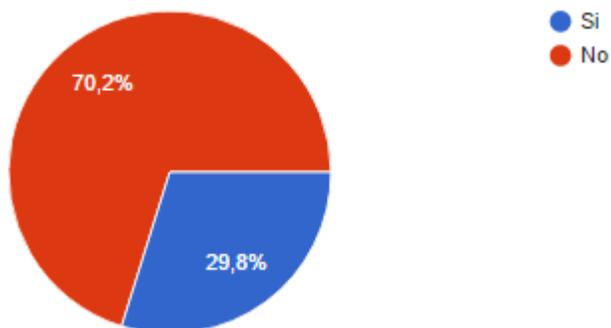
¿Ha caído usted en FN (perder una asignatura por inasistencia) alguna vez por algún error?



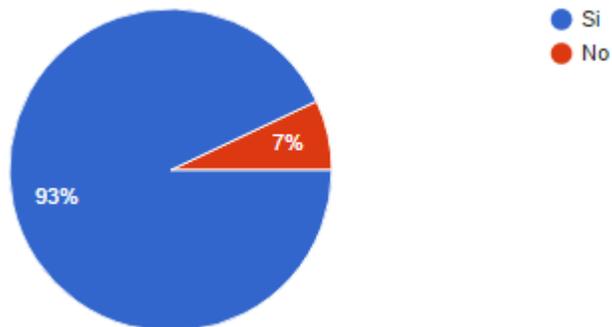
¿Crees que haber contado con la información a tiempo hubieras evitado caer en FN?



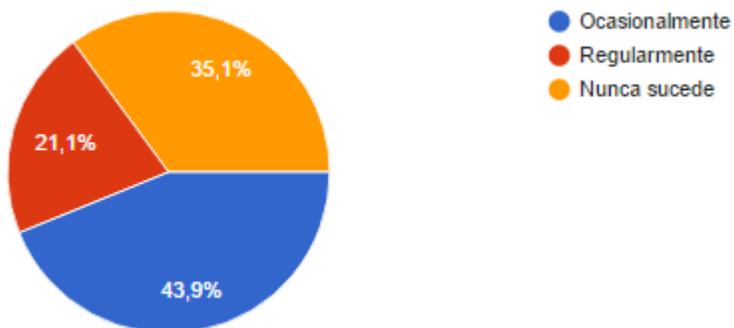
¿Sabes que hacer en caso de que por error quedas en FN?



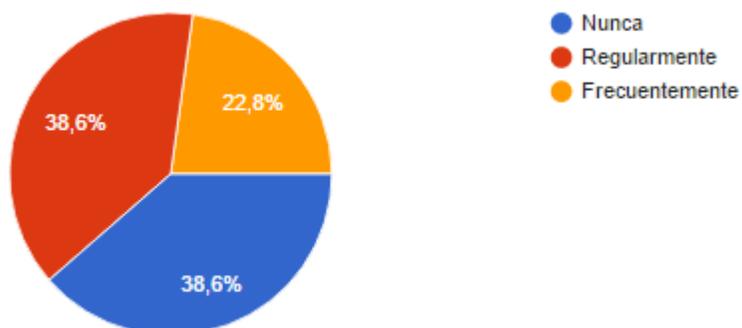
¿Entiendes que deberías poder consumir la información en línea y consultar tu información de asistencia?



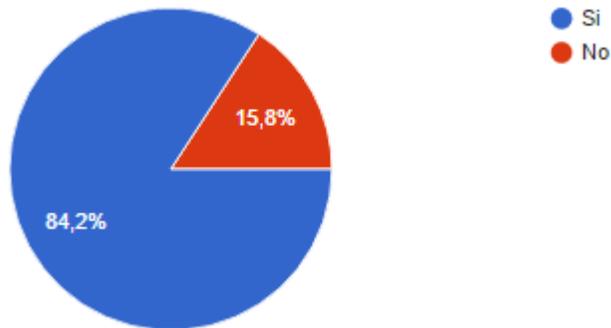
¿Qué tan regular es que el profesor NO pase lista?



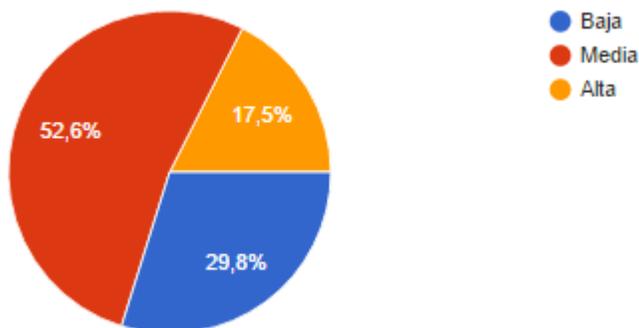
¿Con que frecuencia consultas tu estado de asistencia con la plataforma actual?



¿Considera que una aplicación para la gestión de las asistencias facilitaría el control de la misma?



¿Con que nivel de esfuerzo Le resulta obtener información de su asistencia?



Tras la evaluación del proceso a través de la encuesta se pudo apreciar que los estudiantes entienden que con una herramienta que les permita consultar más efectivamente la información de su asistencia a su vez está ligada a más información útil durante el proceso puede reducir el hallazgo de que un **28%** de la población de la muestra ha tenido alguna vez problemas de pérdida de materias por inasistencias. Por otro lado, sobre la salud del proceso de pasar lista en el actual esquema los estudiantes reportaron que los profesores comúnmente no

pasan lista y que los actuales procesos de consulta de información no son oportunas ni eficientes al hacer llegar la información a los estudiantes. El dato más significativo es que en general la mitad de la población que recibió la encuesta, indicó el proceso como ineficiente, a su vez un **84.2%** de los estudiantes indicaron que están de acuerdo que con una aplicación orientada a estos fines podría resolver los problemas del actual proceso.

## **1.4. Irregularidades y oportunidades de mejoras actuales en el proceso de registro de asistencias.**

---

### Irregularidades

- No siempre se pasan lista de asistencia
- Existen políticas dentro de los reglamentos que el actual proceso no controla
- La actual plataforma de consulta de asistencia no da información al momento del proceso de control de asistencia
- Los profesores carecen de herramientas para asegurarse de identificar el estudiante
- El proceso es lento y repetitivo
- Los estudiantes carecen de medios para reportar errores

### Oportunidades de Mejora

- Asegurar que los estudiantes puedan ponerse presentes a través de la plataforma.
- Proveer de información oportuna a los estudiantes, y un mecanismo de resolución de incidentes.
- Automatizar la lista de asistencia con mecanismos que permitan ponerse presentes a los estudiantes y mecanismos de confirmación de parte del profesor.
- Automatizar las listas de presencia que utilizan los profesores.
- Automatizar el proceso de registro de las actuales listas de presencia.
- Brindar información en línea al estudiante sobre su presencia en las clases.
- Crear un mecanismo de comunicación donde se brindan alertas efectivas sobre la asistencia.

---

## **CAPÍTULO II: HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL DE ASISTENCIAS**

---

Para el desarrollo de un sistema adecuado y novedoso, se debe de consultar y traer a colación diferentes tecnologías de identificación automática y técnicas de localización de interiores que serán vitales para poder crear un nuevo sistema automatizado para la gestión de las asistencias de manera automática.

## 2.1. Tecnología de identificación

---

En el *Diccionario de la Real Academia de la Lengua* la identificación se define como acción o efecto de identificar o identificarse. Considerando la acepción de reconocer si una persona o cosa es la misma que se supone que es o se busca, el concepto de la identidad es un elemento que hoy en día es utilizado para el control de acceso a los sistemas de información con el uso de diversas tecnologías que facilitan la incorporación de mecanismos definidos como “auto identificación” o identificación automática. Señala Motes Latorre (2011) que las técnicas de auto identificación (aquella que permiten identificar objetos y personas sin intervención humana). Esta definición en combinación con métodos de localización, son utilizados para poder rastrear objetos, como equipos o material, así así como también de personas.

En el mundo de la tecnología de identificación automática (Auto-ID) ha crecido de forma constante durante las últimas décadas, hoy en día son parte indispensable de la vida cotidiana (Woo García, 2016).

### **2.1.1. Tecnología de identificación Codificadas**

Estos sistemas requieren de dos componentes fundamentales: un elemento codificado que contiene la información (léase, datos procesados siguiendo alguna norma o patrón preestablecido) y un elemento con capacidad de reconocer la información (Medina Salgado, s.f.) .Viendo las aplicaciones que hoy en día se han desarrollado, se puede interpretar que los elementos codificados son técnicas y métodos que transforman una información original un contexto diferente y que es posible de interpretar a través de la misma u otra técnica que sigue la misma normas a través de cualquier medio de transmisión.

#### **2.1.1.1. Identificación por radiofrecuencia (RFID)**

La identificación por radiofrecuencia se basa en el uso de etiquetas (tags) como medio de identificación al exponer el mismo un campo de frecuencia producido por una antena, este envía información codificada contenida en el tag. La identificación por radiofrecuencia (RFID) es una de las tecnologías de mayor crecimiento y beneficios que pueden adoptar las empresas actualmente (PEÑAHERRERA ACURIO, 2015).

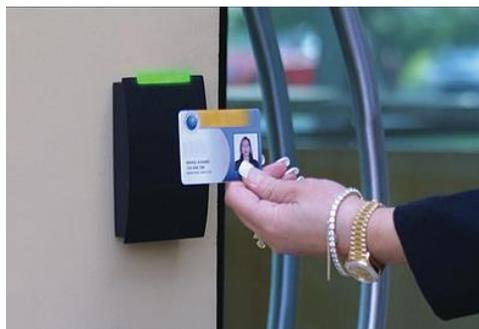


Ilustración 3 - Identificación por radiofrecuencia. Fuente (Control de acceso Ruy)

### **2.1.2. Biométricos**

La biometría es un método de identificación empleado en los seres vivos, el cual utiliza como elemento esencial para el reconocimiento de los mismo, peculiaridades físicas, propias, únicas e individuales; para este trabajo, en los seres humano. Estos sistemas permiten simular el esquema del cerebro humano para reconocer y distinguir las cualidades de una persona de otra.

Los sistemas de reconocimientos biométricos para la identificación de personas pueden hacerse mediante la base del comportamiento humano, la forma de escribir, la firma, la forma de caminar, etc. y mediante las particularidades fisiológicas humanas que se muestran a continuación:

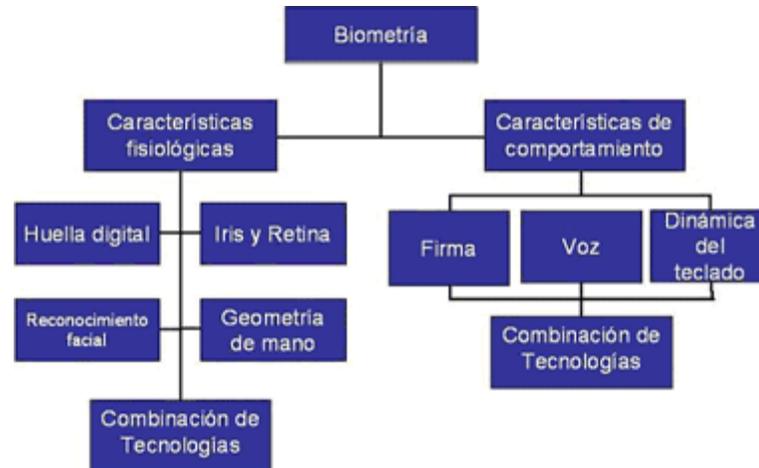


Ilustración 4 - Biometría

El reconocimiento facial, dactilar y del iris son los sistemas biométricos más comunes ( Díaz Rodríguez, 2013). La forma de reconocimiento facial será

evaluado en este trabajo de investigación para el uso en una de las técnicas de localización e identificación para el control de asistencias.

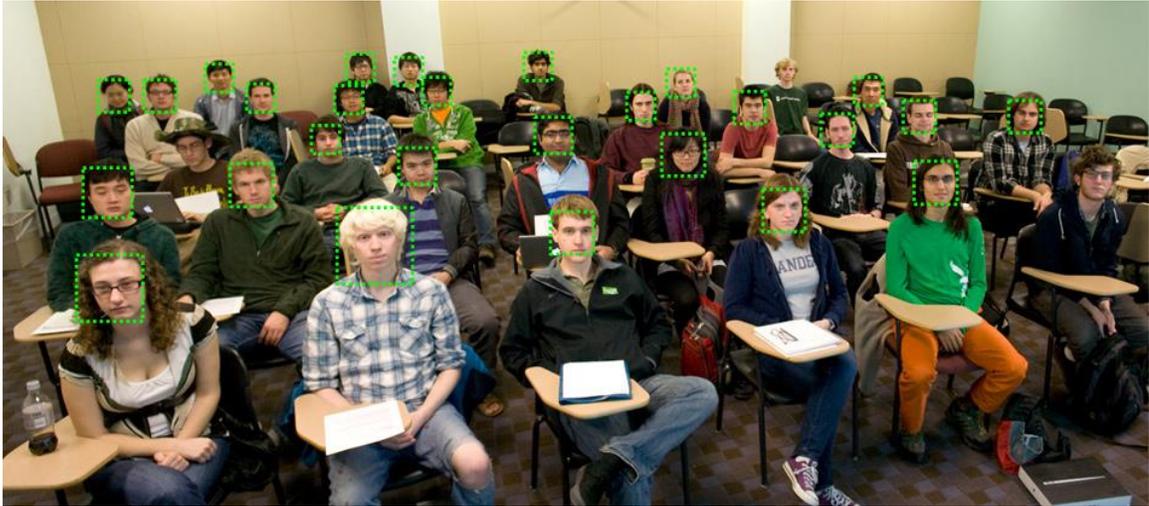


Ilustración 5 - Representación de reconocimiento facial. Fuente (Computer Science at Brown University)

Para el desarrollo de esta solución se utilizará la auto identificación por radiofrecuencia RFID y el reconocimiento facial como método biométrico de identificación. Es en el siguientes capítulos se mostraran las técnicas y métodos para implementar el posicionamiento de las personas identificadas por estas tecnologías de identificación y otras más.

## 2.2. Técnicas de localización de interiores

---

El uso de los sistemas de localización en espacio cerrados o interiores, donde los sistemas de localización que se utilizan a nivel de espacio abiertos no pueden ser preciso como lo es el Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Estos

sistemas se pueden clasificar según la tecnología usada, así como también el modelo de algoritmo implementado, la precisión adquirida y en base a la función del modelo del sistema.

### **2.2.1. Clasificación basada en tecnología.**

Con las abundantes soluciones para obtener mejores resultados en cuanto a la localización de objetos en interiores, se han desarrollado diversas tecnologías para obtener mejores resultados a un mejor costo. Sumado a esto, se requieren cada vez más de mejores tecnologías que aporten precisión, mejor tiempo en el procesamiento de la información y uso de infraestructura.

Cada tecnología, tiene sus métodos usado para la localización y estos utilizan diferentes técnicas para estimar la distancia o ángulo entre los nodos y el/los objeto/s. Estas técnicas son:

- **Tiempo de llegada (ToA – *Time of Arrival*):** Se basa en la medición del tiempo en que tarda la señal en viajar de un nodo a otro.
- **Diferencia de tiempos de llegada (TDoA – *Time Difference of Arrival*):** Es similar al ToA, a diferencia de que aquí es utilizada una señal acústica para luego comparar el tiempo de llegada de las dos señales.
- **Ángulo de llegada (AoA – *Angle of Arrival*):** Se basa en el ángulo que forma la dirección de propagación de una onda incidente con relación a una dirección de referencia.

- **Fuerza de la señal recibida (RSS – Received Signal Strength):** Se basa en la atenuación de la señal para modelar las distancias entre los nodos. La señal que es emitida, es recibida con cierta fuerza revelando un factor de indicación conocido como RSSI – *Received Signal Strength Indicator*.

#### **2.2.1.1. Tecnología óptica**

Los sistemas ópticos se basan en el principio del uso de luz infrarroja y visión artificial (cámaras) a través de una línea de visión (LOS – *Line Of Sight*) entre el objeto seguido y el sensor. Los sistemas de luz infrarroja tienen su incidencia en un solo objeto y el mismo objeto necesita tener un sensor para poder ser seguido; mientras que los sistemas de visión artificial tienen su incidencia en varios objetos al mismo tiempo y no necesita de elementos extras en los objetos para ser seguidos o localizados.

Los cálculos de localización son realizados dependiendo de la tecnología en base a TOF (*Time Of Flight*), Angulo de Llegada (AOA – *Angle Of Arrival*) y cálculos geométricos. Su uso depende mucho del ambiente en donde se utilice y demanda de mucho procesamiento.

Las cámaras de video son comúnmente utilizadas en los sistemas de video vigilancia como elementos de seguridad y otros fines para la supervisión en tiempo real de eventos y procesos, así como también para almacenar la información para otros propósitos. Con ayuda de la tecnología es posible a través de softwares y plataformas (frameworks) utilizar las cámaras como detectores y/o seguidores de

movimiento a través de reconocimiento de objetos y personas utilizando técnicas de reconocimiento biométricos.

#### **2.2.1.2. Tecnología de radiofrecuencia**

El uso de la radiofrecuencia se ve reflejada en distintas tecnologías que comúnmente fueron diseñadas con otros propósitos ajenos a la localización e identificación de objetos, tales son los casos de los Sistemas Globales para comunicaciones Móviles (GSM), las Redes Inalámbricas de Área Local (WLAN), Bluetooth, ZigBee, Ultra Wideband (UWB) e identificación por Radio-frecuencia (RFID).

El principio básico para determinar la localización con estas tecnologías es mediante la determinación del nivel de señal entre el receptor y el transmisor utilizando diversas técnicas. Algunos de estos sistemas como el Wi-Fi, el Bluetooth, el ZigBee y el UWB requieren de dispositivos energizados en el objeto a determinar la posición y además cada uno de estos necesita de su propia infraestructura. Además cada uno ofrece ventajas en cuanto al costo y distancia que pueden abarcar.

La tecnología RFID es una de las de mayor uso en las últimas décadas dado a su bajo costo de implementación y las facilidades que ofrece en cuanto al uso de etiquetas o tags en los objetos. Las técnicas más comunes para la localización son los filtros bayesianos (*Bayesian Filters*), lógica difusa (*Fuzzy logic*) y redes bayesianas.

Dentro de las ventajas que existen para el uso de RFID están:

- No existe la necesidad de una línea de visión (NLOS – *No need of Line Sight*) entre el transmisor y receptor.
- Gran rango de lectura, entre uno a cientos metros.
- Lecturas múltiples de manera simultánea proveniente de diferentes transmisores.
- Fácil instalación y adaptación.
- Bajo costo

### **2.2.2. Clasificación basada en algoritmos de posición.**

Los métodos para la estimación de la posición realizada por cada sistema son dependientes del tipo de medición basado en la distancia técnicas utilizadas, como Tiempo de Llegada (ToA), Angulo de Llegada (AoA), intensidad de la señal (RSS), etc. En las mediciones de tipo TDoA (diferencia en el tiempo de llegada) o TOF (Tiempo de vuelo) lo más común es utilizar algoritmos basado en trilateración o multilateración; en el caso de que la medición sea AoA (Angulo de llega) el algoritmo apropiado es la triangulación. En los algoritmos basados en RSSI (Indicador del nivel de señal recibido) son: *Least-Square*, *Centroid* y el *Centroid* ponderado, el *Fingerprint*, algoritmos Bayesianos y los proceso gaussianos.

A continuación, algunas definiciones de los términos empleados anteriormente para una mayor comprensión.

**Trilateración:** Se calcula la posición de un nodo midiendo las distancias desde él mismo hasta varias posiciones de referencia. Para el cálculo en dos dimensiones (2D) es necesario conocer al menos las distancias desde tres puntos de referencia no co-lineales (en diferentes líneas). Para tres dimensiones (3D), son necesarias cuatro puntos de referencia en planos distintos. La técnica comúnmente utilizada para medir la distancia es la ToA.

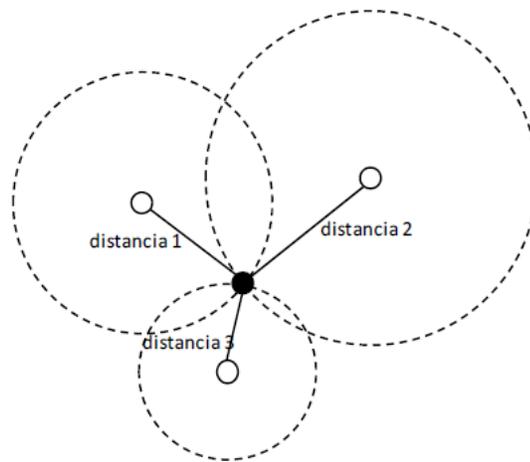


Ilustración 6 – Trilateración. Fuente ( (García Polo, 2008)

**Multilateración:** Similar a la trilateración, pero esta utiliza como técnica para la medición de la distancia, la técnica TDoA.

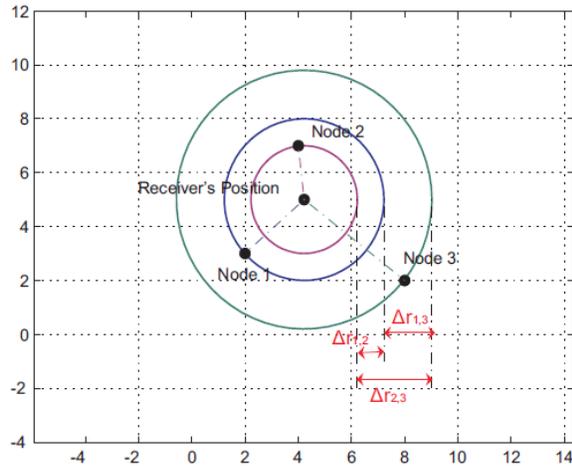


Ilustración 7 – Multilateración. Fuente (Koutsou, 2009)

**Trinagulación:** La Trinagulación es similar a la trilateración, pero en vez de basar sus cálculos en distancias, lo realiza a través de ángulos. Se requiere de la noción de dos ángulos y la distancia de referencia en un plano bidireccional. En el orden tridimensional a parte de los requerimientos anteriores se necesita un azumit<sup>1</sup>.

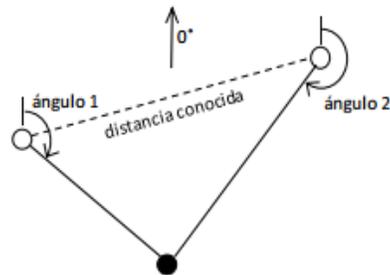


Ilustración 8 - Trinagulación. Fuente (García Polo, 2008)

<sup>1</sup> Término astronómico que hace referencia al ángulo que con el meridiano forma el círculo vertical que pasa por un punto de la esfera celeste o del globo terráqueo.

**Fingerprint (patrón de localización):** Es un método basado en muestras de RSS de distintos puntos de medición del nodo, formando un patrón el cual es utilizado para determinar la posición del mismo comparando cada distancia recibida.

Este método consiste en dos fases:

**Fase de entrenamiento:** En la fase de entrenamiento en línea y fuera de línea con el fin de crear un patrón de referencia en la base de datos en donde puntos de referencia (RS – reference point) de interés son identificados. Al localizar una estación móvil (MS – Mobil station) en una ubicación RP, se miden las señales RSSI de todos los APs. A partir de tales mediciones se determina la característica de ese RP, que se registra entonces en la base de datos. Este proceso se repite en otro RP, y así sucesivamente hasta que todos los RPs son visitados.

**Fase de posicionamiento:** EL MS mide el RSSI en un lugar donde requiere su posición. Las mediciones (incluyendo RSSI y direcciones MAC de los AP) se comparan con los datos de la base de datos utilizando un algoritmo. Normalmente, se calcula la distancia de la señal. La menor señal de distancia indica la mejor coincidencia y la más probable ubicación de MS puede ser determinada (Chen , Li , Zhao , Rizos , & Zheng , 2013)

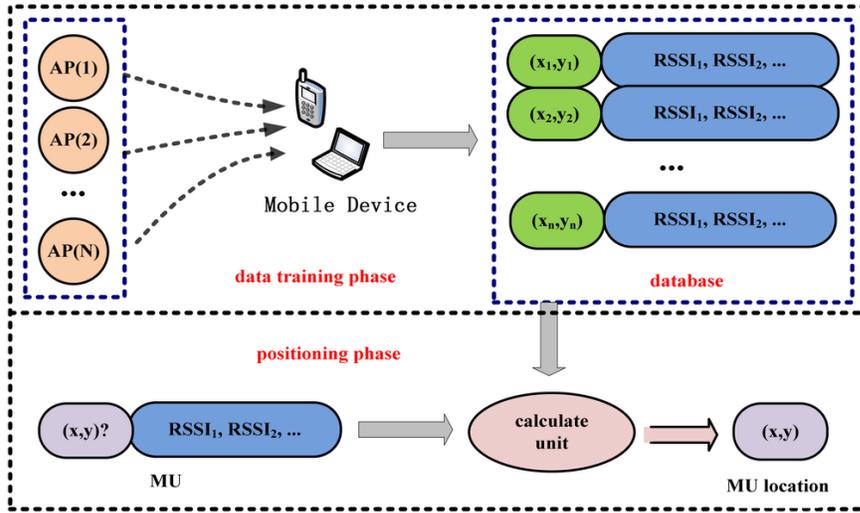


Ilustración 9 - Mediciones fingerprint. Fuente (Chen , Li , Zhao , Rizos , & Zheng , 2013)

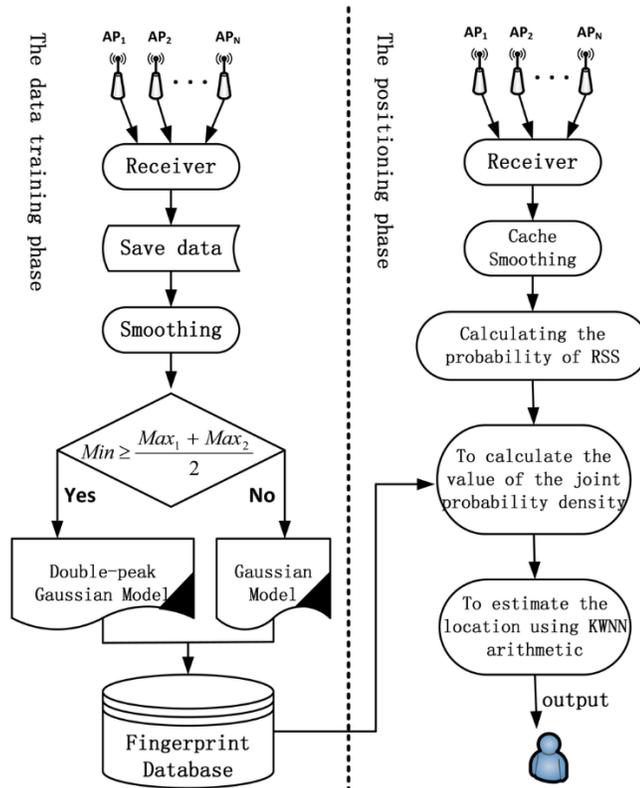


Ilustración 10 - Modelo de posicionamiento mediante fingerprint (Chen , Li , Zhao , Rizos , & Zheng , 2013)

El objetivo de este capítulo es conocer las diferentes técnicas y métodos que serán usados por las diferentes tecnologías para el uso de la identificación del estudiante y su localización dentro del campus estudiantil.

### 2.3. Tecnología de localización e identificación RFID

La tecnología RFID es una de las tecnologías inalámbricas más apropiadas para la implementación de soluciones de localización o posicionamiento y de auto identificación en cuanto al factor de costo – solución, dado que es de fácil expandir sin que ese factor se vea muy afectado.

En la Ilustración 6 se puede ver como a medida que pasan los años los costos de los sistemas RFID van en descenso en el mercado.

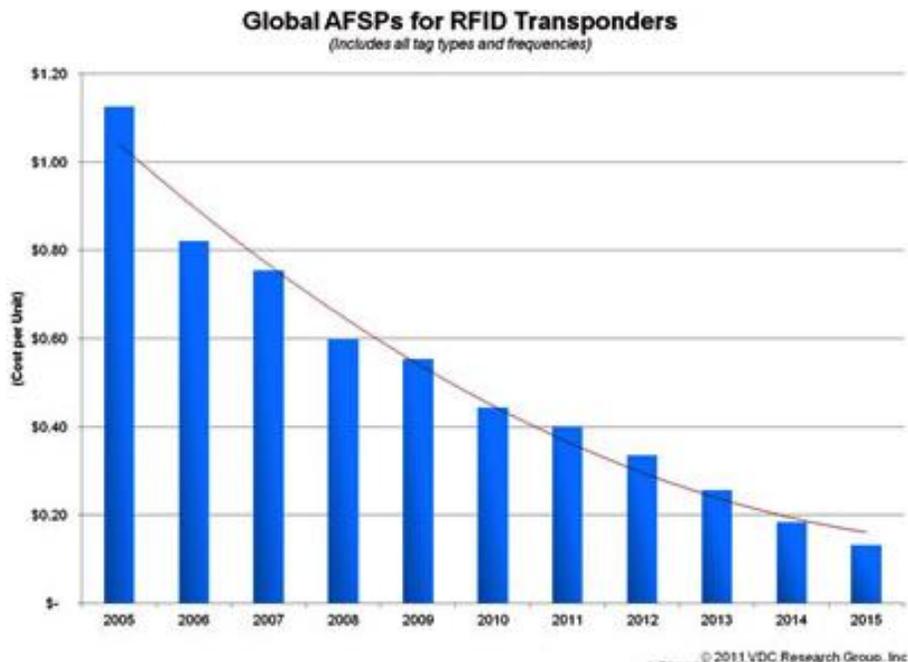


Ilustración 11 - Precios de tags RFID cada año. Fuente (VDC Research Group)

Como se muestra en la gráfica anterior el costo de los componentes utilizados no es muy costoso comparado con el ultrasonido y el Wi-Fi, por lo que el costo de los lectores ronda los entre 90 y 200 euros, mientras que las etiquetas o tags van de 15 centavos a 50 euros, dependiendo del fabricante y el tipo.

El principio de funcionamiento es que una etiqueta (tag) entra en un área de cobertura de un lector de RFID, esta etiqueta transmite una señal con la información que esta almacenada en el chip de la etiqueta. Todo este proceso de intercambio de información se da sin la necesidad de contacto alguno como ocurre con otras tecnologías.

Esta tecnología se asimila al uso de códigos de barra, con la diferencia que esta utiliza señales ópticas para la transmisión de datos entre las etiquetas y el lector. Las bandas de frecuencias que se emplean en esta tecnología son típicamente: 125 KHz, 13,56 MHz, 433-860-960 MHz y 2,45 GHz.

### **2.3.1. Componentes**

Los sistemas RFID están compuesto de cuatro elementos esenciales:

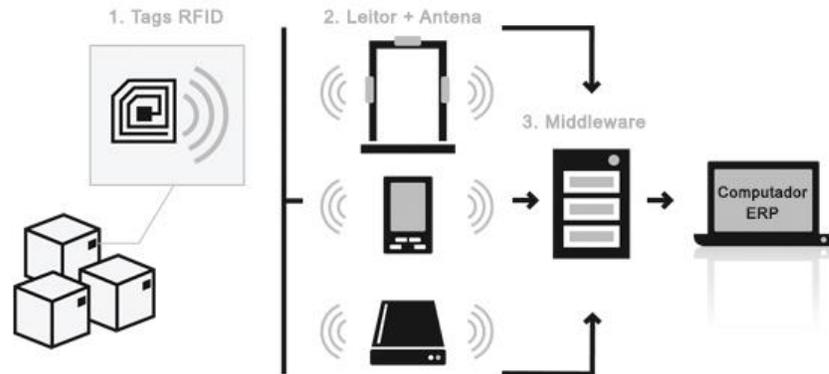


Ilustración 12 - Componentes de un sistema RFID. Fuente (Portillo, Belén Bermejo, & Bernardos, 2008)

### 2.3.1.1. Etiquetas (tags)

Los etiquetas que son hace a su vez de transpondedores (transmisor y receptor) las cuales son insertadas o adheridas a un objeto. Estos tags tiene un número de identificación único defino por estándares los cuales son previamente relacionados con la información del objeto al que son insertados o adheridos, dada a la facilidad de que contiene un microchip que almacena información. La transmisión de la información es facilitada por una pequeña antena que es parte de su diseño.



Ilustración 13 - Etiquetas RFID pasivas. La izquierda representa una tarjeta de PVC con la incorporación en su interior de una antena y chip. La de la izquierda es un tag adhesivo.

Estos tags pueden ser de tipo pasivo, activo y pasivo-activo. Las de tipo pasivo son las que no necesitan de una fuente de energías y tienden a ser ligeros, pequeños, flexibles, con un tiempo de vida prácticamente ilimitado y baratos a diferencia de lo contrario de los activos, aunque poseen un rango de cobertura mayor y utilizan un elemento de suministro de energía para poder transmitir ellas la información al lector.



*Etiquetas Activas*

*Etiquetas Pasivas*

	<i>Etiquetas Activas</i>	<i>Etiquetas Pasivas</i>
<b>Incorporan batería</b>	Sí	No
<b>Coste</b>	Mayor	Menor
<b>Tiempo de vida</b>	Limitado	Casi ilimitado
<b>Cobertura</b>	Mayor	Menor
<b>Capacidad datos</b>	Mayor	Menor

Ilustración 14 - Tags pasivos vs activos. Fuente (Portillo, Belén Bermejo, & Bernardos, 2008)

Las etiquetas RFID pueden ser de diferentes formas en cuanto a su geometría tamaño y encapsulado. Pueden ser de PVC, papel o tela; incorporan antenas de materiales conductivos.

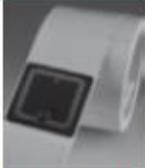
<p><b>P-LABEL TAG</b></p>	<p><b>F-LABEL TAG</b></p>	<p><b>INLET TAG</b></p>
		
<p>Etiquetas adhesivas de papel</p>	<p>Etiquetas adhesivas de papel</p>	<p>Etiquetas adhesivas sin sustrato</p>
<p><b>ISO CARD</b></p>	<p><b>K-TAG</b></p>	<p><b>ACTIVE CARD TAG</b></p>
		
<p>Tarjetas identificativas de PVC</p>	<p>Llavero para identificación en accesos</p>	<p>Tarjeta identificativa de muy largo alcance</p>
<p><b>B-TAG, CD-TAG</b></p>	<p><b>D-TAG</b></p>	<p><b>TEX TAG</b></p>
		
<p>Tag adhesiva circular</p>	<p>Disco para identificación</p>	<p>Etiquetas plásticas de alta resistividad para textil</p>
<p><b>ACTIVE COMPACT TAG</b></p>	<p><b>ACTIVE W-TAG</b></p>	<p><b>PHONE TAG</b></p>
		
<p>Tag de largo alcance para objetos</p>	<p>Pulsera identificativa de muy largo alcance</p>	<p>Tag especial y personalizable para teléfonos móviles</p>
<p><b>THERMRF TAGS</b></p>	<p><b>HAM TAG</b></p>	<p><b>MICRO TAG</b></p>
		
<p>Etiquetas con sensor de temperatura integrado</p>	<p>Tag atóxico y reutilizable para piezas de carne y jamón</p>	<p>Tag de vidrio para su inserción en personas, animales u objetos</p>



Ilustración 15 - Formatos de etiquetas RFID. Fuente: (Portillo, Belén Bermejo, & Bernardos, 2008)

### 2.3.1.2. Lectores (Readers)

Los lectores son quienes transmiten y reciben la información de las etiquetas. En el caso de las etiquetas pasivas, los lectores deben de transmitir la energía para poder activar el mismo y así las etiquetas poder responder con la información almacenada. Están equipados con antenas, interfaces de comunicación para poder enviar los datos leídos de las etiquetas a un subsistema para procesar la información.

Los lectores están compuestos de:

- **Módulo de radiofrecuencia:** quien transmite y recibe la información.
- **Una unidad de control:** el cual incorpora un circuito integrado ASIC (*Application Specific Integrated Circuit*) para poder realizar las funciones de codificación y decodificación, verificación de la integridad de los datos, gestión de acceso y comunicarse con el sistema de información.
- **Antena/s:** quien habita la comunicación entre el lector y la etiqueta. Están disponibles en diferentes formas dependiendo de su uso. La ubicación de las mismas es un factor importante y no depende de la cercanía del lector ya que esta se conecta mediante un medio físico (cable) que puede variar en longitud. Las antenas pueden englobarse en las categorías de: antenas de puerta (ortogonales), antenas polarizadas circularmente, polarizadas linealmente, omnidireccionales, de varillas, dipolos o múltiples y adaptivas o de arrays.

#### **2.3.1.3. Middleware**

Es el dispositivo que recibe la información de las lecturas realizadas por el lector para suministrarlo al sistema de información que procesara los datos con el fin deseado. A su vez es responsable de controla los lectores enviado instrucciones de programación y consulta.

#### 2.3.1.4. Computador

Es un sistema backend que es utilizado para gestionar toda la información. Puede ser un sistema ERP, lo cual ayuda con el almacenamiento y filtrado de los datos que se recolectan.

#### 2.3.2. Rango de frecuencia

Según el rango de frecuencia en que estos sistemas de RFID pueden trabajar están:

- **Baja frecuencia (BF):** Operación en rangos de frecuencia inferiores a los 135 KHz.
- **Alta frecuencia (HF):** Operación en la frecuencia de 13,56 MHz.
- **Ultra Alta frecuencia (UHF):** Operación en las bandas de frecuencias de 433 MHz, 860 MHz y 928 MHz.
- **Frecuencia de Microondas (MW):** Operación en la bandas de frecuencias de 2,45 GHz y 5,8 GHz.

<i>Parámetros</i>	<i>Baja frecuencia (&lt;135 KHz)</i>	<i>Alta frecuencia (13,56 MHz)</i>	<i>Ultra alta Frecuencia (433 MHz, 860 MHz, 928 MHz)</i>	<i>Frecuencia microondas (2,45 GHz, 5,8 GHz)</i>
Cobertura	Menor	←————→	←————→	Mayor
Tamaño de la etiqueta	Mayor	←————→	←————→	Menor
Velocidad de lectura de datos	Menor	←————→	←————→	Mayor
Lectura en presencia de líquidos o metales	Mejor	←————→	←————→	Peor
Lectura en presencia de interferencias EM	Peor	←————→	←————→	Mejor

Ilustración 16 - Comparativa de cada rango de frecuencia. Fuente: (Portillo, Belén Bermejo, & Bernardos, 2008)

### **2.3.3. Funcionamiento**

El esquema de funcionamiento de estos sistemas puede variar dependiendo de su aplicación y uso, pero están basados en el mismo funcionamiento básico, en los cuales los objetos a ser identificados portan una etiqueta (tag); las antenas de los lectores emiten un campo de radiofrecuencia el cual activa las etiquetas una vez estas entran en el campo de la radiofrecuencia, transmiten la información. El lector recibe las lecturas de los tags para enviarla luego al host para su procesamiento.

La interface entre el lector y el host puede ser de cualquier tipo, ya sea local o remoto y cableado o inalámbrico como el RS 232, RS 485, USB, Ethernet, WLAN (Wireless Lan), GPRS (General Packet Radio Service), UMTS (Universal Mobile Telecommunications Service), etc.

### **2.3.4. Tipo, capacidad de almacenamiento y velocidad de lectura**

Los datos almacenados en las etiquetas requieren algún tipo de organización como, por ejemplo, identificadores para los datos o bits de detección de errores (bits de paridad, bits de redundancia cíclica), con el fin de satisfacer las necesidades de recuperación de datos. Este proceso se suele conocer como codificación de fuente.

Las etiquetas dependiendo de la cantidad de información que se requiere almacenar pueden ser de dos tipos:

- **Identificación:** cuando se almacena una cadena de caracteres que representan una identificación o una clave de acceso.
- **Fichero de datos:** cuando se almacena información organizada que representa un tipo de archivo que puede ser usado para transmitir información o iniciar una acción.

En cuanto a capacidad, depende del fabricante el uso que tenga destinado. Las etiquetas pueden ser tanto como de un bit hasta el orden de los Mbits.

La velocidad de lectura de los datos depende principalmente de la frecuencia. En términos generales, cuanta más alta sea la frecuencia, más alta será la velocidad de transferencia. Se debe de considerar la velocidad con que las etiquetas se mueven dentro de la zona de lectura. El tiempo que tarda una etiqueta en atravesar una zona de lectura debe ser superior al tiempo de lectura de la propia etiqueta, si la etiqueta atraviesa rápidamente el campo de lectura puede ser que no de tiempo al lector en realizar una adecuadamente la lectura.

A baja frecuencia, menores de 135 KHz, un lector puede tardar aproximadamente 0.012 segundos en capturar la información de una etiqueta. Para velocidades más rápidas se necesitarían antenas más grandes.

### **2.3.5. Estándares**

EPCGlobal es una organización de empresas orientada a desarrollar estándares globales para un Código Electrónico de Producto (EPC, *Electronic*

*Product Code*), con el objetivo de normalizar el uso de las etiquetas RFID. Estos estándares hacen referencia especificaciones físicas y de codificación.

<i>Protocolo</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Tipo de etiqueta</i>
Clase 0	UHF	Sólo lectura
Clase 0 Plus	UHF	Lectura-escritura
Clase 1	HF/UHF	Una escritura múltiples lecturas
Clase 1 Gen2	UHF	Una escritura múltiples lecturas
Clase 2	UHF	Lectura y escritura
Clase 3	UHF	Clase 2 más batería y sensores
Clase 4	UHF	Etiquetas activas
Clase 5	UHF	Clase 4 + capacidad de lectura

Ilustración 17 - Estándares EPC de RFID. Fuente: (Portillo, Belén Bermejo, & Bernardos, 2008)

### **2.3.6. Seguridad**

A pesar de los potenciales beneficios que conlleva la implantación de sistemas RFID, existe una creciente corriente en contra de esta tecnología, debido a que cualquier persona, con un lector apropiado, puede leer la información que llevan las etiquetas. En este sentido, todo sistema RFID debe protegerse, en mayor o menor medida de (Portillo, Belén Bermejo, & Bernardos, 2008):

- Lecturas/escrituras indeseadas, con objeto de obtener información o modificar datos de forma fraudulenta.
- La existencia de etiquetas falsas dentro de una zona restringida, que tratan de burlar la seguridad del sistema accediendo a lugares no autorizados o recibiendo determinados servicios sin previo pago.

- Escuchas ilegales con objeto de copiar los datos y falsificar etiquetas.

A pesar de ser una tecnología joven, ya han aparecido casos de compromisos de seguridad en sistemas RFID. Por ejemplo, en enero de 2005 un grupo de estudiantes consiguió romper el cifrado del sistema de puntos de venta RFID de ExxonMobil. (Portillo, Belén Bermejo, & Bernardos, 2008).

La forma más simple de ataque a un sistema RFID es evitar la comunicación entre el lector y la etiqueta cuyo blanco son las comunicaciones en radiofrecuencia a través de mecanismos de ataques como: Spoofing, Inserción, Replay, Denegación de servicio y Ataques Man in the Middle (MIM).

Como medidas de seguridad Una forma obvia de evitar la modificación de la información en las etiquetas es utilizar etiquetas de sólo lectura, o no escribir los datos directamente en las etiquetas, sino incluir en dichas etiquetas únicamente un código, y desplazar todo el resto de la información a una base de datos en el sistema backend, cuyas medidas de seguridad pueden ser muy superiores a las de la etiqueta. Adicionalmente, el uso de cifrado y mecanismo de autenticación pueden ser recomendable cuando las etiquetas porten información sensible o privada.

Los chips RFID son extremadamente difíciles de falsificar. Un pirata informático necesitaría conocimientos especializados de ingeniería inalámbrica, de algoritmos de codificación y de técnicas de cifrado. Además, se pueden aplicar distintos niveles de

seguridad a los datos del tag, haciendo que los datos sean legibles en algunos puntos de la cadena de suministros pero no en otros. Algunos estándares RFID incluyen elementos de seguridad adicional. (PEÑAHERRERA ACURIO, 2015)

### **2.3.7. Objetivo**

Lo que se persigue con el uso de la tecnología de RFID es que el estudiante pueda ser identificado una vez ingrese al curso. El sistema tendrá en su base de datos registrado el lector por antena referenciado a una posición geográfica. De este modo no se utilizará ningún algoritmo de posicionamiento bajo RFID ya que con el hecho de saber el registro proveniente de ese lector, el subsistema de asistencia determinara por el ID del lector y la sección inscrita por el estudiante, la posición en el campus de la universidad.

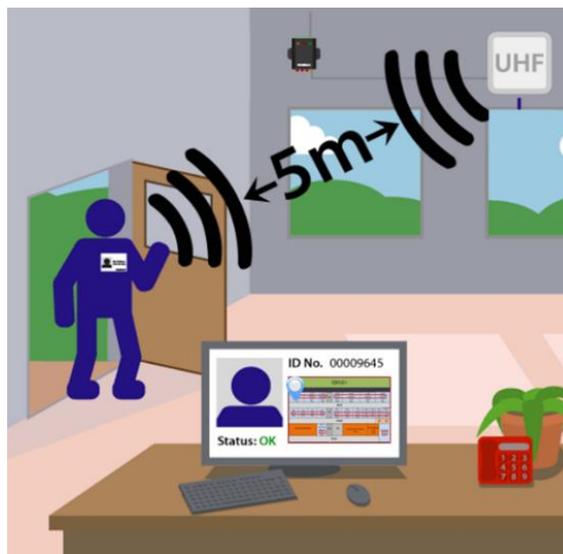


Ilustración 18 - Ejemplo de identificación en el curso por RFID

## 2.4. Tecnología de localización Wi-Fi

---

Una red de acceso local inalámbrica (WLAN – *Wireless LAN*) es una red de datos la cual utiliza como elemento de transmisión de datos, tecnología de radiofrecuencia o inalámbricas. Por lo regular la tecnología regularmente usada es la *Wireless Fidelity* (Wi-Fi), creada por una asociación de los principales vendedores llamada WECA (*Wireless Ethernet Compability Aliance*), la cual conformó la normativa IEEE 802.11<sup>2</sup>(Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica) para su uso.

Las mayoría de las empresas e instituciones hoy en día tienen creada una infraestructura para este tipo de tecnología con el objetivo de brindar conectividad a equipos móviles sin la necesidad del uso de dispositivos extras y cableado estructurado.

---

<sup>2</sup> El estándar IEEE 802.11 define el uso de los dos niveles inferiores de la arquitectura o modelo OSI (capa física y capa de enlace de datos)

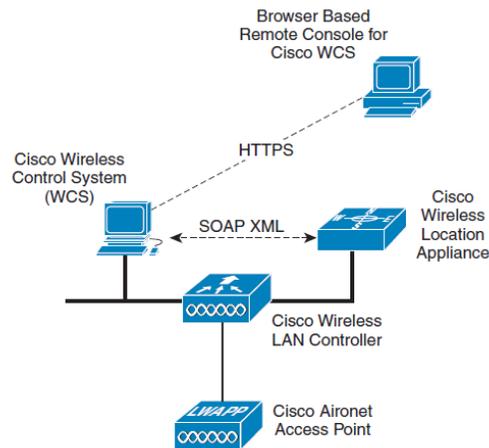


Ilustración 19 - Infraestructura Wi-Fi. Fuente (Cisco)

### **2.4.1. Componentes**

Una red Wi-Fi está compuesta básicamente equipos y componentes esenciales, pero a su vez puede contener otros elementos que proporcionan mayor seguridad y funcionalidades a la infraestructura en la cual se incorpore. Los componentes básicos son:

**Punto de acceso (AP – Access Point):** Un AP es un transceptor LAN inalámbrico el cual tiene la capacidad de conectar varios dispositivos móviles a una red cableada.

**Tarjeta de interfaz de red inalámbrica (WNIC - *Wireless network interface card*):** Es una tarjeta que provee al equipo donde se ha instalado de conectividad inalámbrica para poder acceder a la red Wi-Fi. Esta puede interconectarse al dispositivo por a través de varias interfaces: PCMCIA, PCI,

miniPCI, USB, ExpressCard, Cardbus o a su vez pueden estar integrados en el equipo, como hoy en día se fabrican los equipos electrónicos.

**Cable Ethernet:** Es un cable físico que provee al AP de una conexión LAN

**Controlador Wireless o WLC (Wireless Lan Controller). (Opcional) :**

Provee a la red Wi-Fi de control centralizado. Usado para el manejo de varios APs en un entorno WLAN.

**Dispositivo de localización Wireless (Wireless Location Appliance) :**

Dispositivo de localización que registra simultáneamente los dispositivos conectados a la infraestructura Wi-Fi, para poder ubicar los mismos dentro de un plano geográfico.

## **2.4.2. Funcionamiento**

Para conectarse a una red Wi-Fi, el dispositivo equipado con una tarjeta de red inalámbrica es capaz de percibir las frecuencias compartidas por los APs si se encuentra en el rango de la misma y luego procede a conectarse a la red que es transmitida por el para poder intercambiar información.

### **2.4.2.1. Espectro de dispersión**

El espectro de dispersión se refiere a la forma en que las señales de datos viajan a través de una radiofrecuencia. Con el espectro de dispersión, los datos no viajan directamente a través de una sola banda de radiofrecuencia, se conoce transmisión de banda estrecha. El espectro de dispersión, por otro lado, requiere que las señales de datos alternen frecuencias portadoras o cambien

constantemente su patrón de datos. Aunque la distancia más corta entre dos puntos es una línea recta (banda estrecha), el espectro de propagación está diseñado para intercambiar la eficiencia del ancho de banda por su fiabilidad, integridad y seguridad. (Brian Bai, 2016)

#### **2.4.2.2. Marco de gestión de la trama**

Dentro de la red inalámbrica es un tipo de marco conocido como marco de gestión de la trama (baliza o *bacon* en inglés). Las balizas son una parte importante de la red inalámbrica porque su trabajo anunciar la presencia del punto de acceso (AP) para que los equipos puedan localizarlo. Los equipos detectan automáticamente las balizas e intentan establecer una conexión inalámbrica con el punto de acceso.

El marco de baliza tiene varias partes con las cuales el cliente o equipo utiliza para saber más del AP antes de intentar unirse a la red:

- Información del canal utilizar.
- Velocidades de transferencia de datos identificadas por la configuración del AP.
- Identificador de conjunto de servicios (SSID): nombre de la red inalámbrica.
- Time stamp o marca de tiempo: información de sincronización para sincronizar el reloj con el AP.

El tiempo de transferencia de la baliza o beacon se realiza cada 10 seg, aunque esta pueda ser configurada.

### **2.4.2.3. Escaneo**

Antes de que un equipo pueda intentar conectarse a un punto de acceso, debe poder ser localizarlo. Los dos métodos de descubrimiento que utilizan los APs son los siguientes:

- **Escaneo pasivo:** El equipo escucha las tramas de baliza (beacon) para descubrir el AP. Luego que es detectado, la trama de la baliza proporciona la información necesaria para que el equipo acceda al AP.
- **Exploración activa:** el equipo transmite otro tipo trama de gestión conocido como petición de sondeo. La petición de sondeo sale del equipo, buscando un SSID específico o cualquier SSID dentro de su área. Después de que la petición es enviada, todos los APs que contiene el mismo SSID responden con otra trama. La información contenida en la respuesta de la señal es la misma información incluida con el marco de la trama. Esta información permite al equipo acceder al sistema.

### **2.4.2.4. Asignaciones de espectro**

Las asignaciones de espectro y las limitaciones operacionales no son consistentes en todo el mundo: Australia y Europa permiten otros dos canales más allá de los permitidos en los EE.UU. para la banda de 2,4 GHz (1-13 frente a 1-11 de EE.UU.), mientras que Japón tiene uno más por encima de eso de 1-14 canales. (Brian Bai, 2016)

Una señal de Wi-Fi ocupa cinco canales en la banda de 2,4 GHz. Dos canales con una diferencia de 5 no se pueden superponer (por ejemplo, 2 y 7). El adagio

frecuentemente repetido de que los canales 1, 6 y 11 son los únicos canales que no se solapan, por lo tanto, no son precisos. Los canales 1, 6 y 11 son el único grupo de tres canales que no se superponen en Norteamérica y el Reino Unido. En Europa y Japón se recomiendan los canales 1, 5, 9 y 13 para 802.11g y 802.11n.

### **2.4.3. Estándares**

Como se mencionó a principio de este acápite el estándar definido para regularizar las conexiones inalámbricas con la tecnología de Wi-Fi, están regidas por el estándar 802.11, el cual ha tenido varias variaciones con el paso de los años.

<b>Standard (date)</b>	<b>Main contents</b>
802.11 (1997)	The original specification that defined two transmission rates 1 or 2Mbps working on the 2.4GHz band. It achieves its data rate by using frequency hopping or direct spread spectrum.
802.11a (1999)	A relatively recent addition to the standards, it defines a 54Mbps data rate using the 5GHz band by using an advanced transmission technique called Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM).
802.11b (1999)	Currently the most popular and the one most often referred to as Wi-Fi. It operates at 11Mbps but can fall back to lower speeds if conditions are poor. It uses direct spread spectrum transmission in the 2.4GHz band.
802.11g (2003)	An upgrade to 802.11a. It uses the same advanced OFDM techniques but in the 2.4GHz band to achieve data rates of 54Mbps.
802.16 (2001)	Also known as WiMax because of its ability to work over much larger distances. It uses the 10 — 66GHz band to achieve data rates of 70Mbps and greater.
802.11n (2009)	Currently the fastest standard capable of using double the bandwidth (40MHz) using multiple streams - still an OFDM coding scheme however.

**Ilustración 20 - Estándares 802.11x. Fuente (Brian Bai, 2016)**

### **2.4.4. Frecuencias y cobertura**

Cualquier dispositivo Wi-Fi en la cobertura de una red que transmite su señal, puede conectarse. Estas señales pueden transmitirse hasta en un rango de 100m en un ambiente libre sin obstáculos y 35m en interiores, sin embargo dadas las características de esta tecnología es posible extender el rango usando dos o más APs.

Con las mejoras sufridas en los últimos años, ha sido necesario aumentar la cobertura en cada nueva versión, la cual es notoria al ver el estándar 802.11x cambiar con una o varias letras precedido del estándar. Estas mejoras se dan en el rango de frecuencia en que trabajan (2.4 GHz o 5 GHz), rango, velocidad, seguridad y nuevas funcionalidades. También es posible aumentar la cobertura utilizando diferentes tipos de antenas.

Normas (capa física y de acceso al medio)	Velocidad transmisión máxima (Mbps)	Throughput máximo típico (Mbps)	Numero máximo de redes colocalizadas	Banda de frecuencia	Radio de cobertura típico (interior)	Radio de cobertura típico (exterior)
IEEE 802.11a/h	54 Mbps	22 Mbps	14 (5.7 GHz)	5 GHz	85 m	185 m
IEEE 802.11b	11 Mbps	6 Mbps	3	2.4 GHz	50 m	140 m
IEEE 802.11g	54 Mbps	22 Mbps	3	2.4 GHz	65 m	150 m
IEEE 802.11n (40 MHz)*	>300 Mbps	>100 Mbps	1 (2.4 GHz) 7 (5.7 GHz)	5 GHz	120 m	300 m
IEEE 802.11n (20 MHz)*	144 Mbps	74 Mbps	3 (2.4 GHz) 14 (5.7 GHz)	2.4 GHz y 5 GHz	120 m	300 m

Ilustración 21 - Características del estándar 802.11. Fuente (PEÑAHERRERA ACURIO, 2015)

### **2.4.5. Seguridad**

Debido a que la tecnología Wi-Fi es inalámbrica, es muy abierta. En comparación con las redes alámbricas que es necesario tener un acceso físico a

la mismas, con el Wi-Fi, la red está expuesta si se uno dentro del alcance de la radiofrecuencia.

Para proteger el acceso a las redes Wi-Fi de personas y dispositivos no autorizados, se emplean mecanismo de encriptación tales como WEP (Wired Equivalent Privacy), WPA (Wi-Fi Protected Access), WPA2 (Wireless Protected Access 2).

Una medida de protección común para disuadir a los usuarios no autorizados es ocultar el nombre del punto de acceso desactivando la difusión SSID. Aunque eficaz contra los usuarios, es ineficaz como un método de seguridad debido a que el SSID se transmite en la respuesta clara a una consulta SSID de cliente. Otro método es permitir que los ordenadores con direcciones MAC conocidas se unan a la red, pero determinados intrusos pueden ser capaces de unirse a la red al falsificar una dirección autorizada. (Brian Bai, 2016).

#### **2.4.6. Objetivo**

La finalidad del uso de esta tecnología dentro del sistema automatizado de asistencias es proveer un mecanismo alternativo de registro mediante el uso del propio dispositivo móvil del estudiante. El dispositivo deberá estar registrado previamente en la base de datos.

El subsistema de asistencia Wi-Fi a través de los distintos accespoint detectaran el MAC del dispositivo a la vez que determina la posición del mismo mediante la intensidad de la señal recibida (RSSI) y el método de fingerprint, como

se detalló en capítulos anteriores, para poderlo ubicar geográficamente y saber si se encuentra dentro del curso en el cual ha inscrito la materia. Esto el sistema lo registrará como una asistencia dentro del horario establecido.

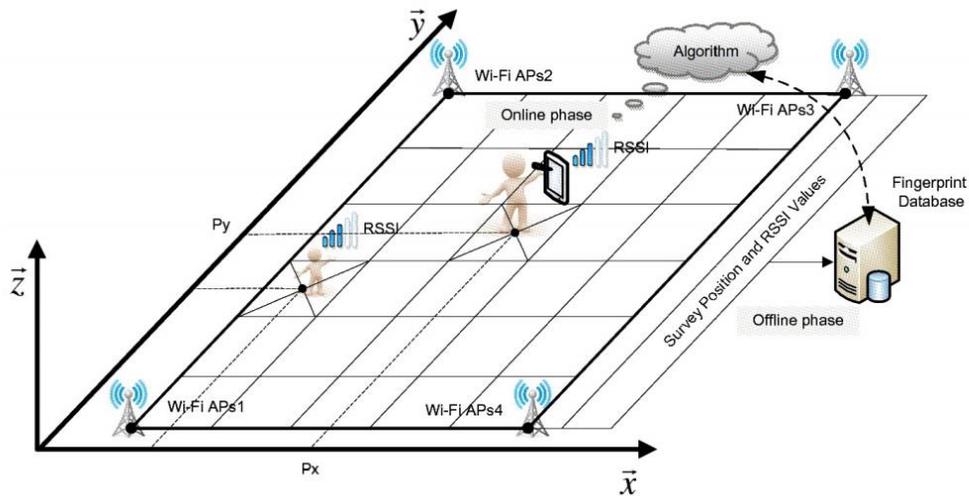


Ilustración 22 - Infraestructura de localización mediante RSSI (Torteeeka, 2014)

## 2.5. Identificación y localización por reconocimiento facial.

Para poder realizar reconocimiento de rostros y objetos debemos de recurrir a una sub área de la inteligencia artificial llamada Computer Vision (visión por ordenador), cuyo objetivo hacer que un computador pueda analizar una escena o imagen dada, aplicando teorías y modelos. Dentro de este campo y relacionado con la identificación biométrica, las técnicas de seguimiento facial se han convertido en los últimos años en uno de los temas de investigación más

populares en el campo de la visión por computador, principalmente gracias a la gran cantidad de situaciones en el mundo real donde pueden ser aplicadas. (Casa Guix, 2009).

Hoy en día la mayoría de las instituciones y empresas cuentan con sistemas de video vigilancia para el manejo de la seguridad y con los avances en las distintas ramas de tecnología a nivel de software, hardware y su bajo costo, es posible a través de sistemas implementar algoritmos que utilicen la imagen captadas por una cámara para poder identificar objetos y personas.

Dado que las secuencias de vídeos se procesan a velocidad de fotogramas y es un proceso indefinido y constante, un sistema de identificación debe ejecutarse indefinidamente. Esta tarea se define como seguimiento a largo plazo (long-term), el cual puede abordar desde el seguimiento o rastreo y/o la perspectiva de detección. Los algoritmos de seguimiento o rastreo estiman el movimiento del objeto. Mientras que los algoritmos basados en la detección estiman la ubicación del objeto en cada fotograma independientemente.

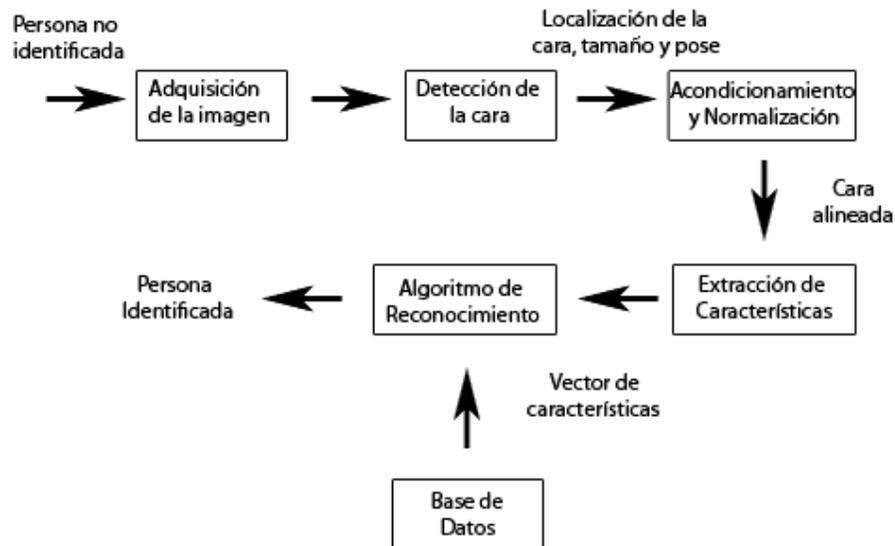


Ilustración 23 - Esquema de reconocimiento y detección facial. Fuente: (Espinoza Olguín & Jorquera Guillen, 2015)

### **2.5.1. Algoritmos de Identificación y localización a través de video.**

La forma de implementar la identificación y localización de rostros en un fotograma o imagen se desarrolla sobre una plataforma y tecnología existente que es el almacenamiento y procesamiento de videos a través de cualquier tipo de cámara. Por lo tanto con el uso de un computador y algoritmos en cualquier tipo plataforma de programación, es posible llevar un análisis de una escena para poder identificar y localizar un objeto, para nuestro objeto de estudio, un rostro.

Existen diversas plataformas en el mercado, a nivel comercial y código abierto (open source) que permiten el desarrollo de soluciones de detección y seguimiento de objetos, pero las más populares son las adoptadas bajo Open TLD

y OpenCV. En este trabajo de estudio se ha optado por la más popular, OpenCV y con la cual es más fácil obtener recursos para su desarrollo, sin embargo hemos de exponer los conocimientos para la otra alternativa que es Open TLD para dejar un marco de referencia para el análisis de este trabajo.

Existen varios métodos para detectar rostros, sin embargo el algoritmo de Viola-Jones, es el más eficaz, obteniendo un mayor porcentaje de aciertos respecto a sus pares, además de más rapidez. Este algoritmo integra un nuevo concepto, la imagen integral, que junto con el algoritmo de boosting como método de entrenamiento, forman un clasificador complejo y preciso. (Espinoza Olguín & Jorquera Guillen, 2015)

### **2.5.2. Open TLD**

El TLD es un algoritmo de código abierto que ha sido galardonado, con el cual se puede hacer un rastreo en tiempo real y a largo plazo de objetos desconocidos en una secuencia de video. Los objetos a ser rastreados son delimitados en un fotograma donde el algoritmo aprende su aspecto y lo detecta cada vez que aparece en una secuencia de video. Con el mismo es posible hacer la identificación en una misma secuencia de video de varios objetos.

Este algoritmo ha sido desarrollado por Zdenek Kalal durante su tesis de doctorado supervisado por Kyrstian Mikolajczyk y Jiri Matas en la universidad de

Surrey. En el mismo se ha implementado un modelo de detección genérica y un validador para el rastreo facial, resistente a oclusiones, cambios de luz y apariencias.

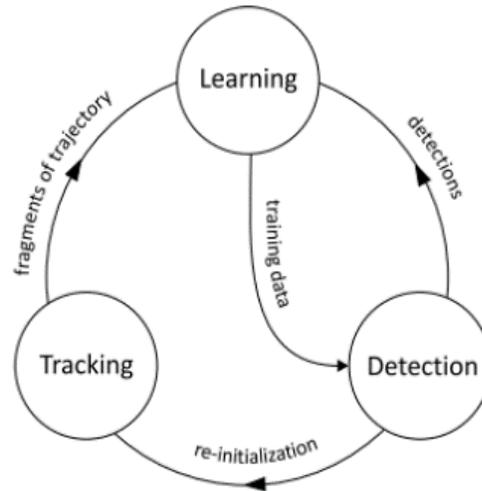


Ilustración 24 - Diagrama en bloque de la plataforma TLD. Fuente (Casa Guix, 2009)

El algoritmo TLD descompone la tarea de seguimiento o rastreo a largo plazo (long-term) en tres sub-tareas: rastreo, aprendizaje y detección. Cada sub-tarea es dirigida por un solo componente y operan de manera simultánea. El rastreo sigue el objeto fotograma por fotograma. La detección localiza todas las apariencias que se han observado hasta el momento y corrige el rastreo si es necesario. El aprendizaje calcula los errores del detector y lo actualiza para evitar estos errores en el futuro.

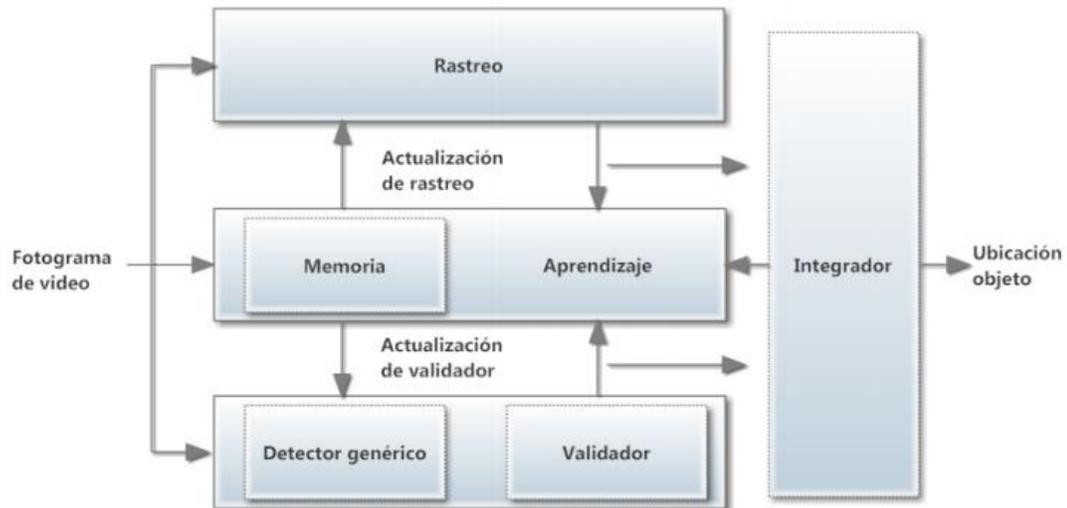


Ilustración 25 - - Diagrama en bloque detallado de la plataforma TLD. Fuente: (Planells Lerma, 2009)

### 2.5.2.1. Rastreo

El objetivo del rastreo de objetos es estimar la posición del objeto en la secuencia de imágenes cuando se da la posición inicial del objeto en el primer fotograma.

### 2.5.2.2. Detección

La detección de objetos es la tarea de localización de los mismos en una imagen de entrada. La definición de un "objeto" varía. Puede ser una sola instancia o toda una clase de objetos (múltiples objetos). Los métodos de detección de objetos con TLD se basan típicamente en las características de la imagen local o en una ventana deslizante (sliding window). Los enfoques basados en estas características suelen seguir un patrón: (i) detección de características, (ii) reconocimiento de características, y (iii) ajuste de modelos.

### **2.5.2.3. Aprendizaje**

El papel del aprendizaje es suministrar a la otra fase las informaciones necesarias para para el rastreo pueda estimar la posición del objeto en la siguiente secuencia de la imagen y el detector reconozca el objeto previamente identificado en la secuencia anterior.

Es muy importante que el algoritmo implementado para el rastreo pueda manejar la variación de apariencia del objeto. Hay dos tipos de variaciones de aspecto: intrínseco (variaciones y deformaciones de forma) y extrínseco (variación en la iluminación, movimiento de la cámara, punto de vista de la cámara y oclusión). Estas variaciones solo pueden ser manejadas por métodos adaptativos que actualizan incrementalmente su representación.

### **2.5.3. OpenCV**

OpenCV (Open Source Computer Vision), es una librería abierta multiplataforma (open source) de visión por ordenador desarrollada originalmente por Intel. Se centra principalmente en el procesamiento de imágenes en tiempo real. OpenCV incluye implementaciones de los algoritmos de visión en plataformas populares como C++, MATLAB, C#, Python, etc.



Ilustración 26 - Logo de OpenCV

OpenCV contiene más de quinientas funciones para el ámbito de la visión artificial, incluyendo reconocimiento y tratamiento de imágenes o reconocimiento facial. OpenCV pretende ser sencillo de utilizar y de aprender, además de muy eficiente, ya que las librerías escritas en C y C++ se han optimizado para ser capaces de funcionar en aplicaciones de tiempo real. (Ortiz Cirugeda, 2014)

OpenCV trabaja mediante una estructura modular, lo que significa que el paquete incluye varias bibliotecas compartidas o estáticas, que son las siguientes:

- **core:** Un módulo compacto que define las estructuras de datos básicos, como la densa Mat matriz multi-dimensional y las funciones básicas utilizadas por el resto de módulos.
- **imgproc:** Un módulo de procesamiento de imágenes que incluye la imagen lineal y no lineal de filtrado, transformaciones geométricas en imágenes (cambio de tamaño, deformación afín y la perspectiva, genérico reasignación basada en tablas), conversión de espacio de color, histogramas, etc.
- **video:** Un módulo de análisis de vídeo que incluye estimación del movimiento, la sustracción del fondo, y algoritmos de seguimiento de objetos.
- **calib3d:** Este módulo se encarga de las vistas múltiples de algoritmos geométricos básicos, calibración individual y estéreo de cámara, algoritmos de correspondencia estéreo, y los elementos de la reconstrucción 3D.
- **features2d:** Este paquete maneja los detectores de características salientes, descriptores y comparadores.

- **Objdetect:** Detección de objetos e instancias de las clases predefinidas (por ejemplo, las caras, los ojos, las tazas, la gente, los coches, y así sucesivamente).
- **highgui:** Una interfaz de fácil uso con de captura, imagen y video codecs, así como capacidades de interfaz de usuario sencilla.
- **gpu:** Algoritmos acelerados por GPU de diferentes módulos OpenCV.
- Algunos otros módulos auxiliares, como FLANN y Google test wrappers, los enlaces de Python.

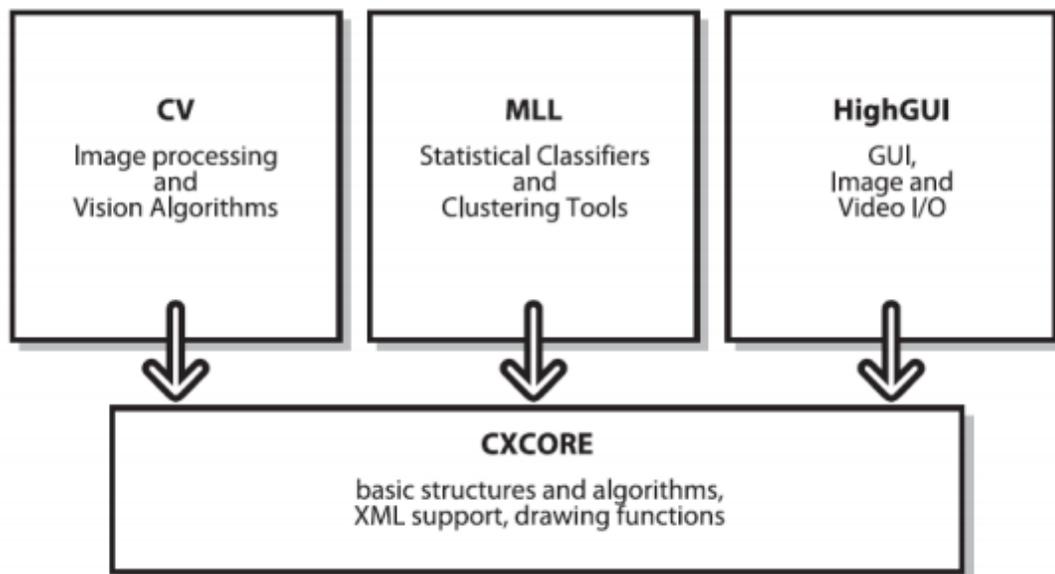


Ilustración 27 - Arquitectura OpenCV. Fuente ( Chamizo Alberto, 2013)

### **2.5.4. Representación del objeto**

En un escenario de seguimiento de objetos, el mismo puede definirse como cualquier cosa que sea de interés para un análisis posterior. Algunos de los ejemplos del objeto son los autos, personas, aviones, los ojos, la cara, animales, etc. Estos pueden representarse de diferentes formas al ser identificados en la escena.

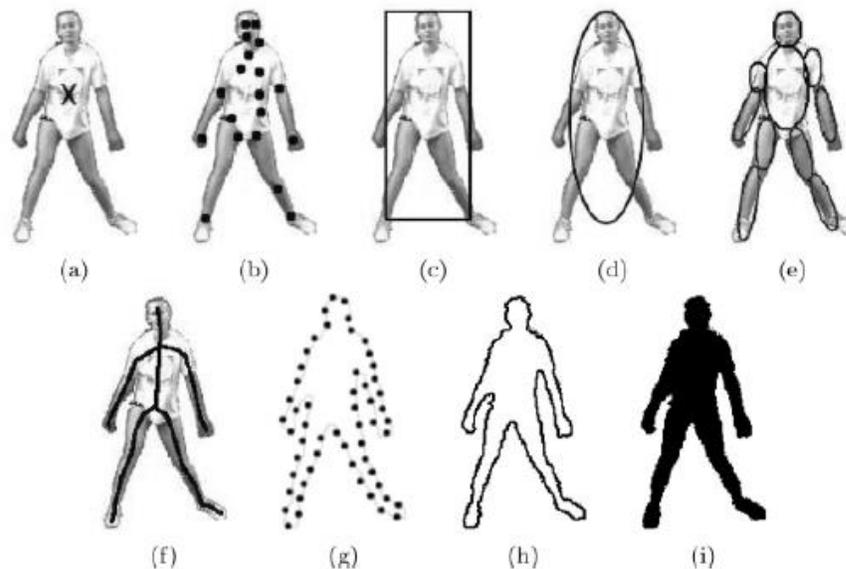


Ilustración 28 - Representación de objetos. (a) Centrado, (b) múltiples puntos, (c) rectangular, (d) elíptico, (e) múltiples partes, (f) esqueleto del objeto, (g) contorno con puntos, (h) contorno del objeto, (i) silueta de forma de la imagen.

### **2.5.5. Detección de rostros y detección facial**

La detección de caras consiste en determinar si en una imagen arbitraria hay alguna cara y, en caso de haberla, en qué posición se encuentra. Un detector de caras debería ser capaz de encontrar todas las caras de una imagen. (Planells Lerma, 2009).

El reconocimiento facial se da luego de que el rostro es identificado y es cuando se realiza una búsqueda en la base de datos con imágenes y si existe coincidencia, el individuo es identificado. El objetivo de un sistema de reconocimiento facial es identificar automáticamente a una persona en una imagen o video en tiempo real. Con la implementación de diferentes técnicas como la detección, localización de regiones, utilización de filtros, entre otros, se determina el lugar y el tamaño del rostro humano en el video o imagen.



Ilustración 29 - Detección del rostro. Fuente ( Planells Lerma, 2009)

Existen 2 tipos de técnicas de reconocimiento facial, ambas con diferentes subclasificaciones, las cuales se muestran en la ilustración 30:

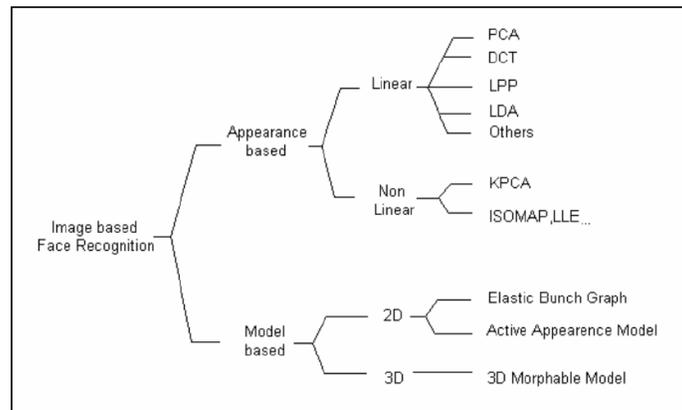


Ilustración 30 - Métodos de reconocimiento facial

- **técnicas basadas en apariencia**

Utilizan modelos obtenidos mediante entrenamiento de imágenes, tomando la imagen como un vector de características, es decir, es visto como una variable aleatoria. A diferencia de los métodos basados en moldes, donde el patrón es definido por un “experto”, los patrones en este modelo son determinados por el aprendizaje obtenido en el entrenamiento de imágenes. (Espinoza Olguín & Jorquera Guillen, 2015)

- **técnicas basadas en modelos.**

Se basa en la relación entre una imagen de entrada y un patrón o molde previamente definido.

En la solución planteada en este trabajo se abordarán los métodos basados en apariencia lineales, cuyos principales algoritmos son: Eigenfaces (basado en PCA).

## Eigenfaces

Es un algoritmo que se basa en poseer un conjunto de imagen del mismo tamaño de entrenamiento de diferentes rostros en formato de na matriz(vector) en que puede existir la de un mismo individuo en una postura diferente y otro nivel de iluminación, etc. Luego de obtener la matriz, calcula el vector promedio (vector promedio del rostro) parase resta con cada vector para obtener los *eigenvectors*. De este proceso se generan nuevas imágenes de rostros para determinar qué imagen del conjunto de entrenamiento se parece más a la imagen de entrada, mediante una formula denominada la distancia Euclidiana.



Ilustración 31 - Conjunto de rostros Eigenfaces. Fuente (Planells Lerma, 2009)

## **Algoritmo de Viola Jones**

Paul Viola y Michael Jones desarrollaron este algoritmo en 2001. Este sistema de detección de rostros representa un gran avance debido a su rapidez para identificar caras humanas, ya que realiza la clasificación mediante características extraídas en una escala de grises, a diferencia de sus predecesores que la realizaban pixel a pixel y en imágenes de color. (Espinoza Olgún & Jorquera Guillen, 2015). Este modelo tiene una implementación de clasificadores en cascada.

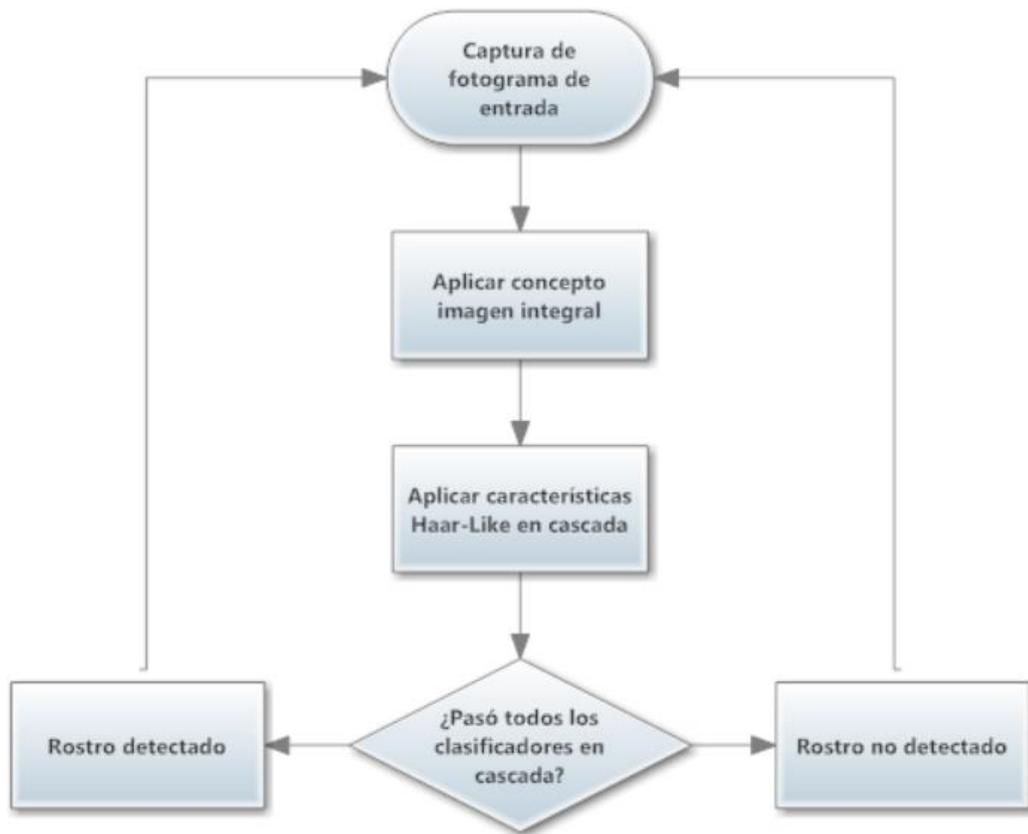


Ilustración 32 - Flujograma de algoritmo de Viola Jones. Fuente (Espinoza Olgún & Jorquera Guillen, 2015)

Este método se basa en los siguientes conceptos:

- **Integral de la Imagen**, usada para la rápida detección de las características.
- **Características de Haar**, basadas en características de rectángulos.
- **AdaBoost**, un método aprendizaje (machine-learning como a veces suele llamársele), que consiste en reconocimiento de patrones, el estudio y construcción de algoritmos que aprenden y predicen el comportamiento.
- **Cascada de decisión**, usado para combinar características de manera eficiente. Se entrena con el algoritmo de boosting AdaBoost y permite ignorar gran parte de las regiones de la imagen donde no existe un rostro y sólo enfocarse en las zonas en las que más probable exista un rostro.

#### 2.5.5.1. Integral de la Imagen

Es una representación de la imagen original la cual permite extraer las características Haar (Haar-Like). La imagen es obtenida a partir de un algoritmo que genera la suma de los valores de un rectángulo dentro de una imagen.

La integral de una imagen es una matriz de igual tamaño que la matriz de la imagen original, que en la posición  $x, y$  contiene la suma de los píxeles contenidos arriba y a la izquierda del punto  $x, y$ , tal como se define en la fórmula: (Espinoza Olguín & Jorquera Guillen, 2015)

$$II(x, y) = \sum_{x' \leq x, y' \leq y} I(x', y')$$

Dónde:

- $II(x, y)$  es la integral de la imagen.
- $I(x', y')$  es la imagen original.

La integral de la imagen, en forma recursiva, es representada por:

$$S(x, y) = S(x, y-1) + I(x, y)$$

$$II(x, y) = II(x-1, y) + S(x, y)$$

Dónde:

- $S(x, y)$  es la suma acumulada en fila.
- $S(x, -1) = 0$  y  $II(-1, y) = 0$ .

Al hacer uso de la imagen integral, cualquier suma puede ser usada utilizando cuatro referencias:

### **2.5.5.2. Características de Haar**

Son descriptores que permiten obtener información de una zona en particular mediante operaciones aritméticas, la principal razón para usar esto es que permite gran eficiencia de cálculo. (Espinoza Olguín & Jorquera Guillen, 2015).

Las características tipo Haar se definen sobre regiones rectangulares de una imagen en escala de grises. Una característica está formado por un número finito de rectángulos y su valor escalar consistirá la sumar de los pixels de cada rectángulo sumados aplicando un cierto factor de peso.

La fórmula para calcular el valor de una característica es:

$$\text{característica}_j = \sum_{1 \leq i \leq N} w_i \cdot \text{Suma\_rectangulo}(r_i)$$

Donde  $\{r_1, \dots, r_N\}$  son los rectángulos que forman la característica y  $w_i$  el peso de cada uno.

Para obtener estas características es necesario aplicar filtros con bases Haar. En el algoritmo de Viola-Jones se usan tres características de Haar:

- **Característica de dos rectángulos:** Es la diferencia entre la suma de los píxeles de ambas regiones rectangulares.
- **Característica de tres rectángulos:** Es la suma de los píxeles de los rectángulos exteriores menos la suma del rectángulo central.
- **Característica de cuatro rectángulos:** Es la diferencia entre los pares diagonales de los rectángulos.

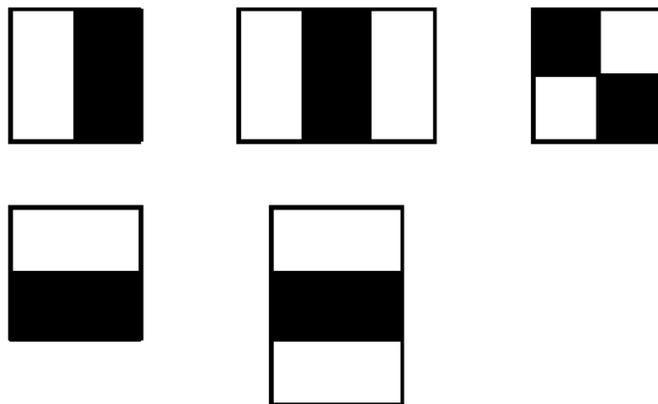


Ilustración 33 - Características de Haar. Fuente (Planells Lerma, 2009)

Un descriptor es representado por un rectángulo definido por su vértice, su altura, su longitud y sus pesos (negativo o positivo). Los rectángulos están limitados a 2,3 y 4 rectángulos, adyacentes y de mismo tamaño. Esto limita el uso de 3 tipos de cuadro: las de bordes (2 rectángulos), las de líneas (3 rectángulos) y la de forma de X (4 rectángulos). Los pesos se limitan a los valores 1 y -1.

### **2.5.5.3. AdaBoost**

Es un algoritmo de aprendizaje el cual extrae las características por medio de clasificaciones para detectar rostros. En el algoritmo de Viola-Jones, AdaBoost elige un gran número de características de Haar, para seleccionar cuál de ellas se ajusta mejor para clasificar (clasificador) los distintos elementos, en este caso si es rostro o no. (Espinoza Olgún & Jorquera Guillen, 2015)

Para seleccionar las características y entrenar al clasificador, se combina una selección de funciones débiles de clasificación para formar un clasificador fuerte. Las funciones débiles están diseñadas para seleccionar una característica de Haar que separa de mejor forma los ejemplos positivos y negativos.

Para detectar bien el rostro, las características elegidas por AdaBoost son significativas y de fácil interpretación. La elección de la primera característica se basa en la propiedad basada en que la región de los ojos es más oscura que la región de la nariz y las mejillas. La segunda característica se basa en que los ojos son más oscuros que el puente de la nariz (comienzo de la nariz).

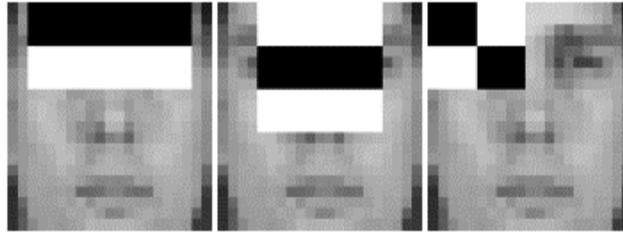


Ilustración 34 - Característica seleccionada por Adaboost. Fuente (Planells Lerma, 2009)

#### 2.5.5.4. Cascada de decisión

Un clasificador no es suficiente para detectar rostros de manera eficiente, por eso se implementa una cascada de clasificadores entrenados y ajustados.

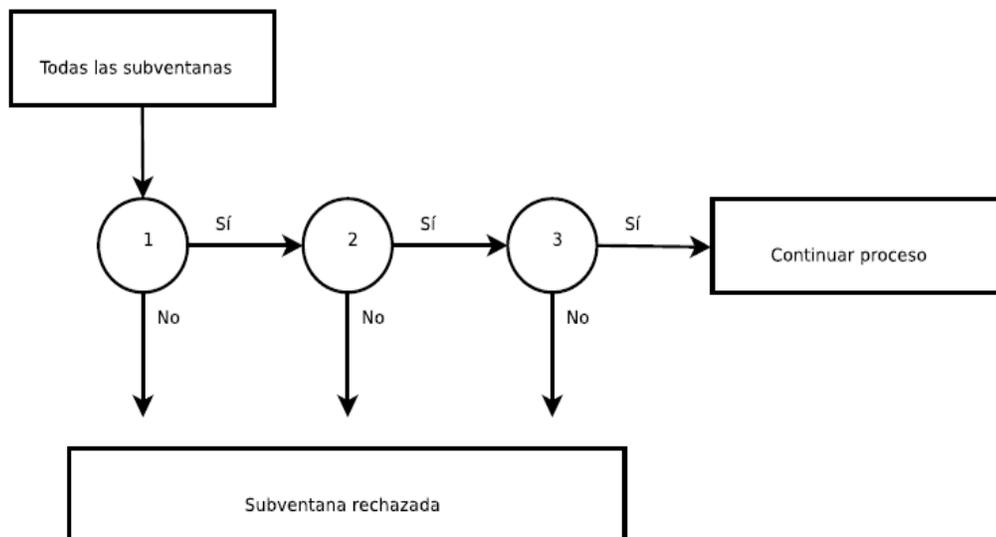


Ilustración 35 - Cascada de clasificadores. Fuente (Planells Lerma, 2009)

Esta cascada se compone de etapas donde cada una contiene un clasificador fuerte. Cada etapa determina si una sub-ventana es una cara o no. Cuando no es cara esa sub-ventana se descarta inmediatamente. Por otro lado, si es cara pasa a la siguiente etapa donde se realiza una tarea más compleja que

la anterior. De esta forma, se deduce que mientras una sub-ventana pase por más etapas, mayor será la probabilidad que la sub-ventana contenga un rostro. Se añaden etapas hasta cumplir con la tasa de detección, determinada por un conjunto de validaciones.

### **2.5.6. Objetivo**

Con la incorporación de un elemento de biometría como método de identificación, el sistema de registro automático de asistencia lo empleará primero como un método de confirmación para los dos elementos esenciales, que son el de identificación por radiofrecuencia RFID y por Wi-Fi a través del uso del dispositivo móvil del estudiante. En caso de la ausencia de la ausencia de las dos plataformas anteriores, la detección facial podría ser considerada como elemento principal de ausencia.

Al igual que la identificación por radiofrecuencia RFID, las cámaras de video que serán situadas en cada curso, estarán registradas en la base de datos con su posicionamiento geográfico.

A demás del uso biométrico para la cual serán usadas las cámaras, la institución podría disponer del uso de esta infraestructura como mecanismo de video vigilancia proactivo para llevar un control del personal no autorizado a ingresar a los cursos.

## 2.6. Modelado de localización

---

El desarrollo de esta solución está compuesto por una etapa de localización de estudiante dentro del espacio geográfico donde se imparte la clase en el campus de la universidad. Por tal motivo es preciso diseñar un modelo de localización que represente la ubicación del estudiante a partir de la información suministrada por las diferentes lecturas de los mecanismos que registrar la asistencia. Este modelo de localización puede ser modelado bajo UML (Lenguaje de Modelado Unificado).

Para el desarrollo del modelo se debe de hacer uso de un mapa que represente el entorno de estudio o análisis que se quiere plantear. El mismo debe de tener definido un sistema de coordenadas y parte simbólicas que representen pasillos, paredes, escaleras, etc. para poder definir con claridad y en términos geométricos un objeto dentro del mapa que represente de manera real la ubicación del mismos.

El desarrollo del trabajo se realizara para determinar la posición o localización del estudiante en un determinado lapso de tiempo, por lo que el rastreo del mismo en tiempo real no será abarcado en este estudio.

Los edificios del campus pueden ser modelados junto con sus pisos, corredores y aulas geoméricamente como espacios tridimensionales. Las transiciones (por ejemplo, las escaleras y puertas) entre estos espacios pueden ser modelados como espacios bidimensionales. Los elementos dentro del mapa

y sus relaciones pueden ser modelados simbólicamente, utilizando una estructura de ramificación tal como un árbol o un gráfico. Los objetos dentro de las áreas no son tan relevantes para la solución que vamos a aportar.

Los tipos de modelos para la localización que se pueden emplear pueden ser simbólico (en forma de jerarquía) y geométricos (que representan coordenadas).

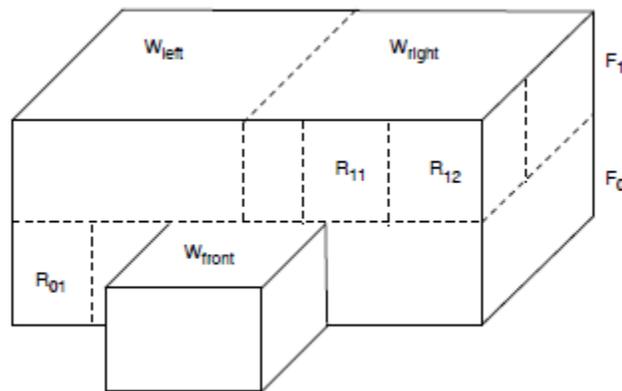


Ilustración 36 - Modelo de edificio dividido en secciones. Fuente (Mirzaei, 2005)

La imagen anterior representa el modelado de un edificio, donde los pisos son representados sub fijo  $F$  y el nivel de piso, las habitaciones por la sub fijo  $R$  y las secciones por el sub fijo  $W$  y el lado que representa en el plano.

### **2.6.1. Modelo simbólico**

En un modelado simbólico los objetos son nombrados de manera abstracta (aula, pasillo, salón, piso 2, etc.), lo cual permite la consulta de la localización de un objeto con el entorno asociado en una forma jerárquica asociada símbolos

definidos. Por consiguiente, un objeto es un miembro de otro objeto si está físicamente contenido dentro de este objeto.

Una representación simbólica del modelado del edificio sería la siguiente, donde el atributo “addr” es utilizado para representar el camino de una sección a otro:

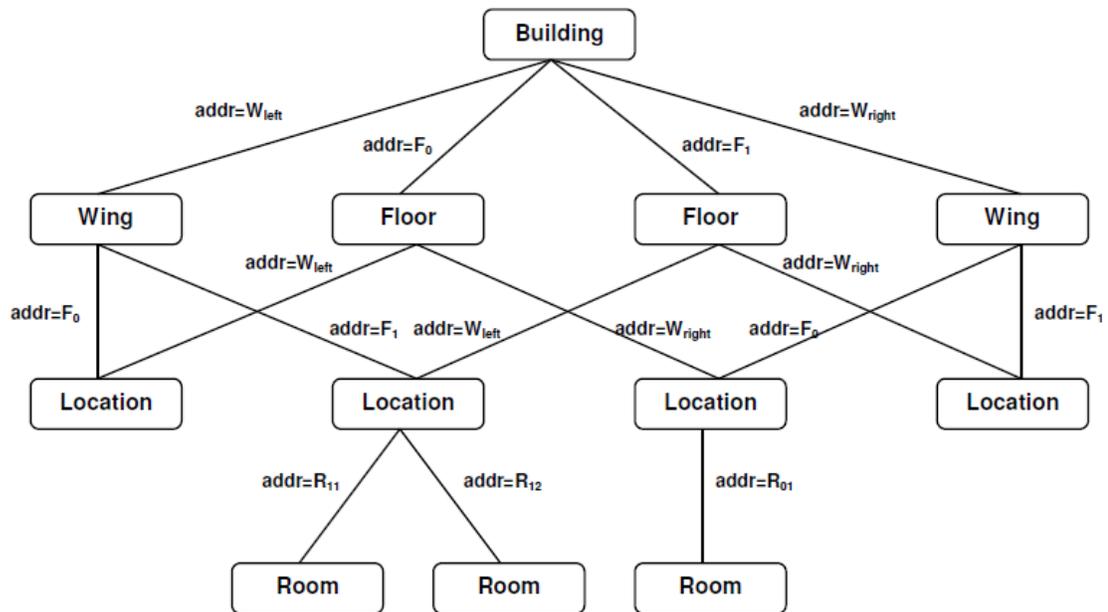


Ilustración 37 - Modelado simbólico de un edificio. Fuente (Mirzaei, 2005)

### **2.6.2. Modelo geométrico**

En un modelado geométrico los objetos son representados como puntos dentro de un plano cartesiano bidimensional o tridimensional. En este modelado no existen relaciones ni jerarquías. A diferencia del simbólico, con el cual se puede

determinar la trazabilidad de un objeto dentro de modelo de localización, este modelado tiene su aplicación en base a los sistemas de Posicionamiento Global (GPS), longitud, latitud y altitud; en localización de interiores por su uso de coordenadas, podemos determinar el lugar del objeto en mapa como modelo.

En la siguiente imagen se ven representado bidimensional y tridimensionalmente un punto dentro modelo donde  $(x,y)$  /  $(x,y,z)$  representan las coordenadas del objeto.

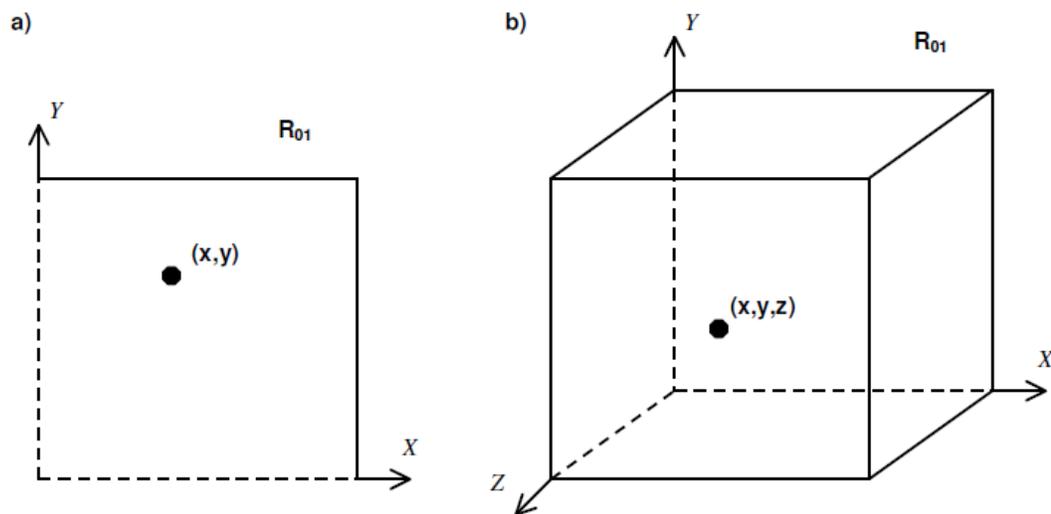


Ilustración 38 - Modelado geométrico de una habitación en 2 y 3 dimensiones. Fuente (Mirzaei, 2005)

En la siguiente imagen se representa geoméricamente las secciones de un piso en regiones.

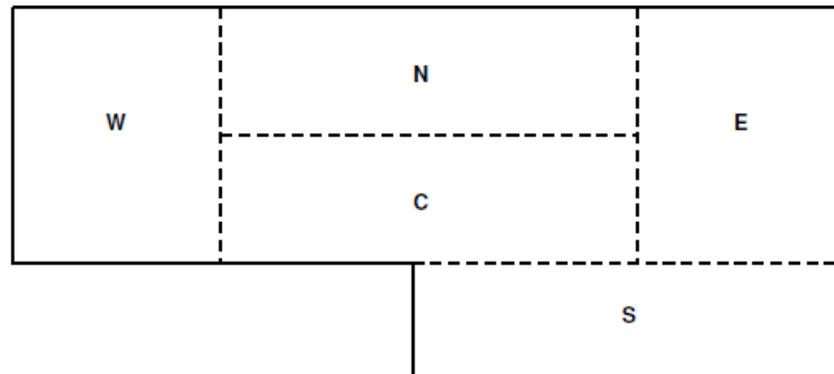


Ilustración 39 - Modelado geométrico dividido en secciones. Fuente (Mirzaei, 2005)

## 2.7. Sistema de información.

Es posible encontrar múltiples definiciones de lo que sería un Sistema de Información (SI). Según (Wikipedia, 2017) SI es: “Un conjunto de elementos orientados al tratamiento y administración de datos e información, organizados y listos para su uso posterior, generados para cubrir una necesidad o un objetivo”.

Es posible afirmar que es: Un conjunto de elementos interrelacionados con el propósito de prestar atención a las demandas de información de una organización. Otros autores lo definen de forma más enfocada diciendo que un SI es un conjunto de elementos que interactúan entre sí con el fin de apoyar las actividades de una empresa o negocio.

Es evidente que cada persona tiene su proceder para explicar lo que es un Sistema de Información, sin embargo, entre ellas se encuentran aspectos

similares como la interrelación de elementos y la dependencia de recursos para su desempeño, no obstante, la similitud trascendental es la finalidad de cubrir una necesidad o brindar un servicio.

Este trabajo en la cual se presenta una solución a una oportunidad de negocio, interrelaciona diversos sistemas para conformar un todo que servida como un sistema de información completo para el propósito que se quiere alcanzar.

## **2.8. Herramienta de desarrollo**

---

Una herramienta de desarrollo es aquella aplicación con la capacidad necesaria para crear otras aplicaciones independientemente de su función final. Estas herramientas son fundamentales para los desarrolladores, ya que mediante ella dan vida a las necesidades de los usuarios simplificando considerablemente las tareas diarias a ejecutar.

### **2.8.1. VISUAL STUDIO**

Visual Studio .NET es un conjunto completo de herramientas de desarrollo para la construcción de aplicaciones Web ASP, servicios Web XML, aplicaciones para escritorio y aplicaciones móviles. Visual Basic .NET, Visual C++ .NET, Visual C# .NET y Visual J# .NET utilizan el mismo entorno de desarrollo integrado (IDE), que permite compartir herramientas y facilita la creación de soluciones en varios lenguajes. Asimismo, dichos lenguajes aprovechan las funciones de .NET

Framework, que ofrece acceso a tecnologías clave para simplificar el desarrollo de aplicaciones Web ASP y servicios Web XML. (Microsoft, 2017).

La herramienta de Visual Studio, sería un entorno de trabajo ideal para poder desarrollar la aplicación para el usuario final y las diferentes capas del sistema, dígase, la basa de datos, las clases, los servicios, webs, las APIs, etc.

## **2.9. Base de Datos**

---

Una base de datos es una entidad en donde existe la posibilidad de guardar datos de forma estructurada, teniendo como requerimiento principal que exista la menor redundancia de información posible. De igual manera, esta información debe estar disponible para ser consultada y consumida por diferentes programas y usuarios.

### **2.9.1. Base de datos espaciales**

Hoy en día existen tecnologías desarrolladas y especializadas para el manejo del tema de la geolocalización o posicionamiento de un objeto en un mapa. Este tema es tratado en el acápite de Sistemas de Información Geográfico (GIS). Para el mismo se ha destinado campos especiales para introducción toda la información necesaria en una base de datos relacionada, dando lugar al uso de término de base de datos espaciales.

Estas bases de datos espaciales se utilizan para almacenar y gestionar datos geográficos, geométricos o espaciales. El área de interés puede ser un

espacio bidimensional en la tierra, un área dentro del interior de una estructura, hasta un espacio tridimensional. Los datos espaciales se pueden dividir en información geométrica, Es decir, la posición o el tamaño, o las descripciones de la relación espacial, es decir, la distancia o dirección.

### **2.9.2. SQL**

SQL es un herramienta de Microsoft, la cual proporciona una plataforma de base de dato que utiliza procesamiento de transacciones en línea (OLTP), almacenamiento de datos; es también una plataforma de Business Intelligence (Inteligencia de negocios) la cual proporciona soluciones de integración, análisis y creación de informes de datos.

Esta herramienta se compone de:

- Un motor de base de datos
- Analysis Services: servicio para el análisis de datos, procesamiento analítico en línea y minería de datos.
- Integartion Service: servicio que se encarga de la extracción, transformación y carga (ETL), en otras palabras, transforma e integra los datos de diferentes fuentes y plataformas al formato de SQL.
- Réplica
- Reporting Service: plataforma de creación de informes basada en servidor que ofrece una extensa gama de informes de datos de orígenes de datos relacionales y multidimensionales

- Notification Services: servicio para desarrollar aplicaciones que generen y envíen notificaciones relacionadas con las ejecuciones de cada componente de la herramienta de SQL.

## 2.10.Aplicaciones web

---

Una aplicación es un recurso informativo que permite al usuario realizar uno o varios tipos de tareas dependiendo su necesidad particular.

Se define un sitio web como el punto de la red con una dirección única y al que pueden acceder los usuarios para obtener información. Normalmente un sitio web dispone de un conjunto de páginas organizadas a partir de una “home page” o página principal, e integra archivos de varios tipos, tales como sonidos, fotografías, o aplicaciones interactivas de consulta.

Una aplicación web es básicamente un software al cual se puede acceder por medio de un navegador web sin la necesidad de instalar algún tipo de software adicional.

Para poder acceder a una aplicación web, esta debe ser alojada en un servidor web. Estos servidores son capaces de aceptar y responder solicitudes de los usuarios. Estos servidores están compuesto de un SO (sistema operativo), un servicio o rol, llamado web server, en nuestro caso recomendado, IIS, el cual transformar y gestionar la información para poderla suministra vía web y varios

componentes adicionales pero no esencial como como servicio de SMTP (correo), FTP, ASP.NET etc.

## **2.11.Sistemas de Información Geográfica (GIS).**

---

Es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar, en todas sus formas, datos espaciales (geográficos) con el fin de proporcionar mapas digitalizados, representados en mapas geográficos para visualizar informaciones temáticas con el fin de resolver problemas complejos de planificación y de gestión.

Funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía. Algunos ejemplos de plataformas y softwares GIS son: Arcview

### **2.11.1. La representación de los datos**

Los datos SIG representan los objetos del mundo real (carreteras, el uso del suelo, altitudes). Los objetos del mundo real se pueden dividir en dos abstracciones: objetos discretos (una casa) y continuos (cantidad de lluvia caída,

una elevación). Existen dos formas de almacenar los datos en un SIG: RASTER y VECTORIAL.

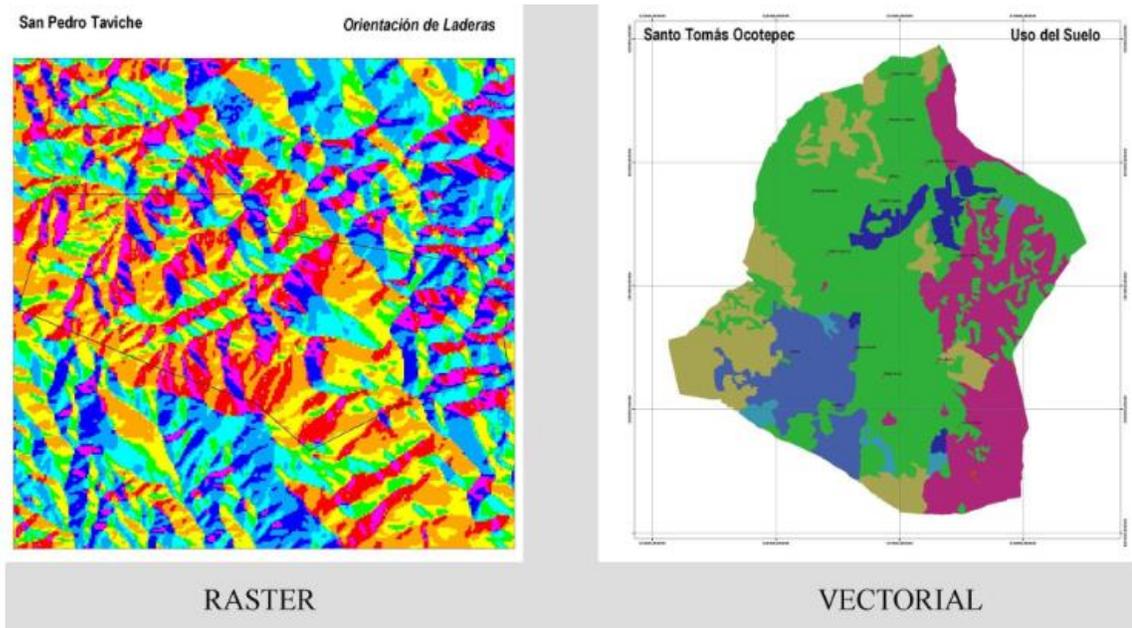


Ilustración 40 - Representación de datos GIS

## 2.12. Computación en las Nubes

Computación en la Nube (Cloud Computing) es un concepto tecnológico, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST), se define como “Un modelo que permite el acceso bajo demanda a través de la Red a un conjunto compartido de recursos de computación configurables (redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) que se pueden aprovisionar rápidamente con el mínimo esfuerzo de gestión o interacción del proveedor del servicio.

Existen varios modelos en los cuales se desarrolla comercialmente la computación en las nubes:

**Modelo de despliegue:** Tiene que ver con la localización y gestión (privada, pública, híbrida, comunidad).

**Modelo de servicio:** Se refieren a los servicios a los que son posible acceder: Software (SaaS – Software as s Service), Plataforma (PaaS – Platform as a Service) e Infraestructura como Servicios (IaaS Infrastructure as a Service).



Ilustración 41 - Modelo de computación en las nubes. Fuente (Magazciturum)

## 2.13.Seguridad

La seguridad en un sistema de información conlleva diferentes puntos que van desde la integridad física de los equipos físicos hasta el acceso indebido o no

autorizado al uso del mismo. Existen aspectos de la seguridad un poco más complejos que se deben de tomar en cuenta a la hora de implementar medidas.

Los ataques contra la confidencialidad, la integridad y disponibilidad del sistema es un aspecto muy esencial e importante que debe de tomarse en cuenta en cada parte del subsistema implementado.

El hardware, el software y los datos de un sistema informático pueden sufrir ataques desde lo interno o desde el punto exterior perimetral de la red.

El Sistema de Gestión de Asistencia (SAGA) al estar conformado por diferentes subsistemas, estos estar interconectados mediante un red de área local (LAN) en la que se cada uno debe convivir en una red virtual (VLAN) distinta. Mediante protocolos de enrutamiento, como VLAN routing debe ser posible la comunicación para el intercambio de información.

Como se mencionó en capítulos anteriores, cada tecnología posee su mecanismo de seguridad en cuanto a su información, para el sistema de gestión que se hará cargo del manejo de información, se debe de diseñar un sistema de autorización y autenticación para el acceso de los distintos usuarios que tendrán los privilegios de ver y modificar las informaciones de los registros de asistencias.

---

## CAPITULO III: PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE ASISTENCIA PARA UNAPEC

---

Hoy en día es muy común ver a las instituciones educativas hacer uso de herramientas de hojas de cálculo como punto de entrada a la digitalización de datos obtenidos por mecanismos manuales con el fin de obtener una mejor gestión de los procesos administrativos. De una forma u otra, estos son procesos repetitivos en que los datos no son íntegros y su disponibilidad no es efectiva, lo cual provoca errores y procesos complejos. Esto a la larga se traduce tiempo, gastos e ineficiencia del proceso en forma general.

La siguiente propuesta tiene el objetivo de automatizar todo el proceso de asistencia y que las operaciones de entrada y modificación de datos sean en caso de usos especiales. Tomando otros trabajos realizados con el mismo fin, hemos querido incorporar 3 tecnologías (Wi-Fi, RFID y Reconocimiento facial a través de video cámaras) que no son de gran costo y que son parte común de toda infraestructura tecnológica utilizada en estos tiempos.

### **3.1. Metodología de desarrollo**

---

Tomando en cuenta el uso de tres tecnologías, el desarrollo debe de ser un híbrido, partiendo de las funcionalidad y restricciones que posee cada una, el sistema debe de ser modular. Este desarrollo evoca una arquitectura que se basa en modelo de capas, dada las características que aporta como:

- Multiplataforma
- Sistema distribuido

- Modulable
- Flexibilidad
- Soporte y mantenimiento sencillo
- Escalable

En cada capa es necesario implementar un modelo de desarrollo o diseño diferente que se ajuste a las necesidades en cuanto a la funcionalidad deseada. Y para poder desarrollar este proyecto se utilizará el método de desarrollo en cascada de manera global.

El modelo en cascada permite seguir una secuencia de las actividades a realizarse donde el inicio de cada actividad depende de la finalización de la anterior, constituyéndose así un ciclo de vida para el proyecto. La naturaleza de este trabajo se limita a la aplicación de las dos primeras etapas.

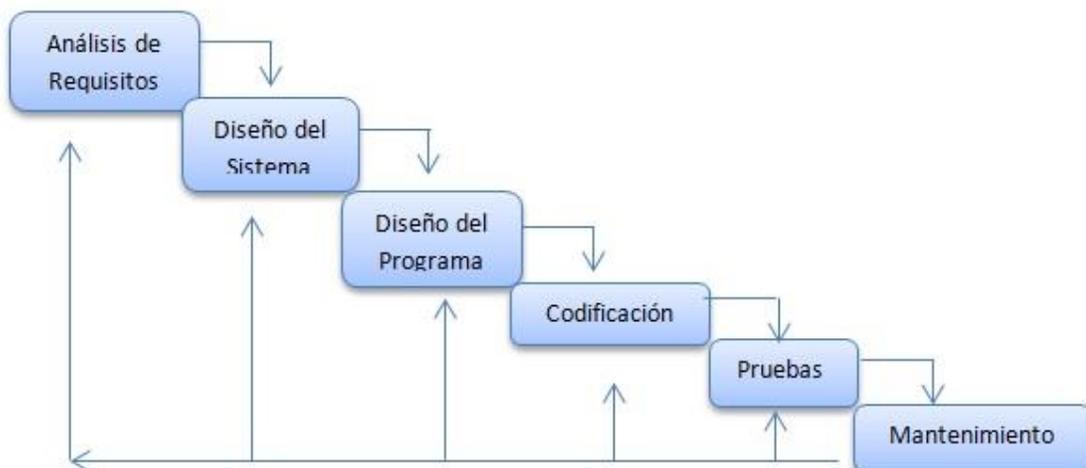


Ilustración 42 - Modelo en cascada para el desarrollo de ingeniería de software. Fuente : (wikispace de la Universidad Nacional José María Arguedas)

### 3.2. Visión de la solución.

---

La solución a la oportunidad de mejora encontrada, proveerá a la universidad de una alternativa al uso del sistema manual utilizado para realizar el proceso de registro de asistencia por los profesores en sus diferentes jornadas.

El sistema se sustenta en el empleo de tres tecnologías para poder tener alternativas y validación del proceso automatizado de asistencia. Estas tecnologías se representan en la Ilustración siguiente.

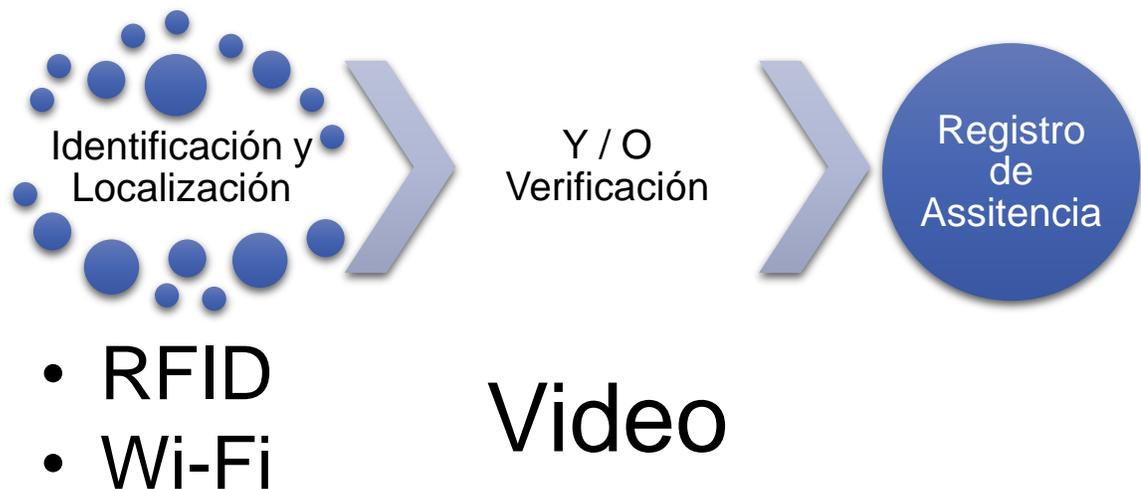


Ilustración 43 - Visión general de la solución

### **3.2.1. Descripción de los usuarios.**

Los usuarios identificados para el sistema son:

- Personal Docente
- Estudiantes
- Personal Administrativo
- Bedeles
- Personal del Departamento de Registro
- Interfaces de otras aplicaciones (Sistema Financiero, Portales y Plataforma Estudiantil)

### **3.2.2. Descripción general del sistema.**

El sistema automatizado de control de asistencia es la implementación en conjunto de diferentes técnicas, algoritmos y tecnologías la finalidad de conformar un sistema robusto y confiable

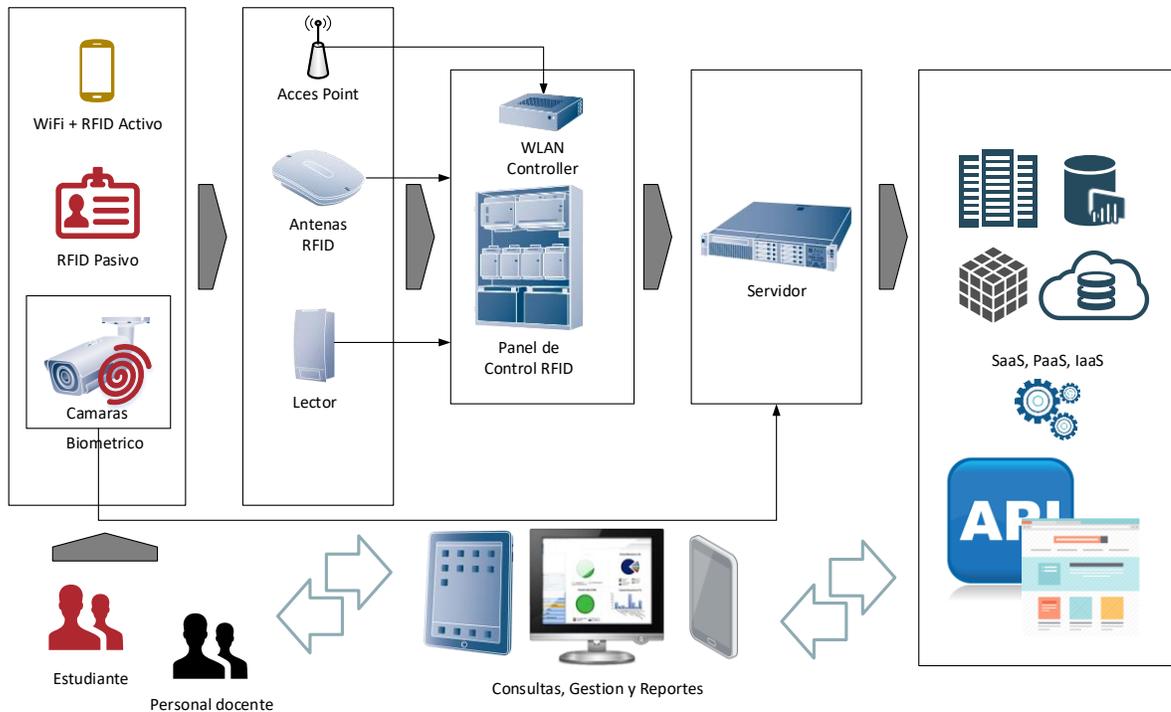


Ilustración 44 - Arquitectura general SAGA

Para la implementación se debe crear diferentes infraestructuras:

**Infraestructura RFID:** Una infraestructura de auto identificación y localización por radiofrecuencia para registrar el acceso de cada estudiante en cada salón cuando el mismo exponga su identificación expedida por la universidad con un tags pasivo integrado en su carnet de identificación de la universidad cerca del campo de radiofrecuencia del lector.

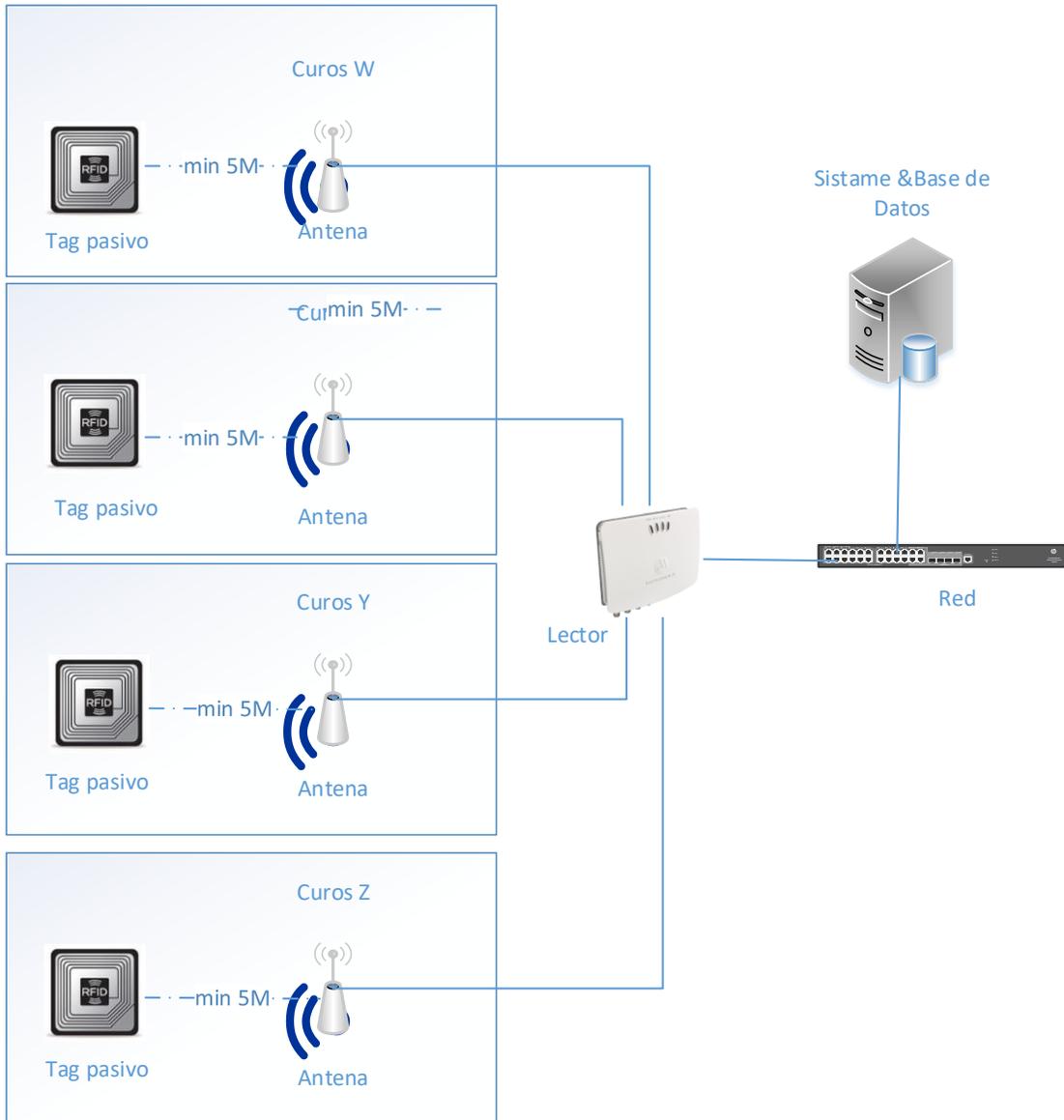


Ilustración 45 – Infraestructura RFID

El sistema estará constituido por los siguientes elementos:

- Un lector integrado con antena para una alcance mínimo de 5m que soporte el uso de frecuencia UHF para tener un mayor alcance.
- Los tags pasivo de los estudiantes que serán tarjetas PVC imprimibles de largo alcance para soportar la lectura de la banda UHF.
- Hub o switch para la interconexión con el software y sistema de asistencia, estos switches deben de ser POE.

Cada lector/puerto estará asignado a un curso el cual será especificado geoespecialmente en la base de datos. Esto reduce el uso de un reader por cada curso.

**Infraestructura Wi-Fi:** Esta infraestructura que a su vez es un medio de acceso a internet para los estudiantes y personal docente. Con el previo registro del número de MAC del dispositivo móvil comúnmente utilizado por el estudiante en la base de datos. Se puede identificar la posición y registro del dispositivo geográficamente en el aula identificada.

Como se ha planteado en capítulos anteriores, hay muchas maneras de realizar el posicionamiento Wi-Fi mediante la medición de diferentes parámetros, tales como el tiempo de llegada (TOA), el ángulo de llegada (AOA) y la fuerza de la señal recibida (RSS), etc Este último mencionado es el más popular y fundamental. Los algoritmos más utilizados para la localización en interiores también implican el uso de RSS.

La infraestructura estará compuesta por puntos de acceso (AP) ligeros, uno o varios controladores de acces point (WLC – Wireless Lan Controller) y switches POE para la interconexión al sistema de asistencias.

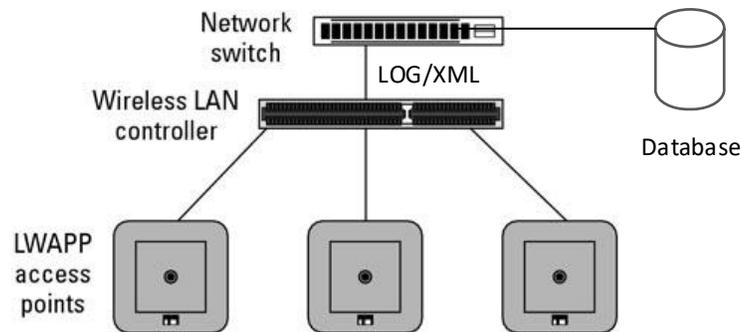


Ilustración 46 - Infraestructura Wi-Fi

Debido a que no es factible la implementación de un AP por curso, es conveniente disponer la colocación de estos APs de forma que cubra todas las áreas de los edificios y cursos. Es necesario en este caso implementar el método de fingerprint.

**Infraestructura de video-vigilancia:** Comúnmente su uso es para control y supervisión de la seguridad de la institución, pero la misma puede ser implementada como mecanismo de identificación y validación a través de datos biométricos faciales del estudiante en cada aula con un desarrollo de un software bajo licencia Open source utilizando OpenCV para validar el registro de asistencia por parte de uno de los dos mecanismos mencionados anteriormente (Wi-Fi y RFID).

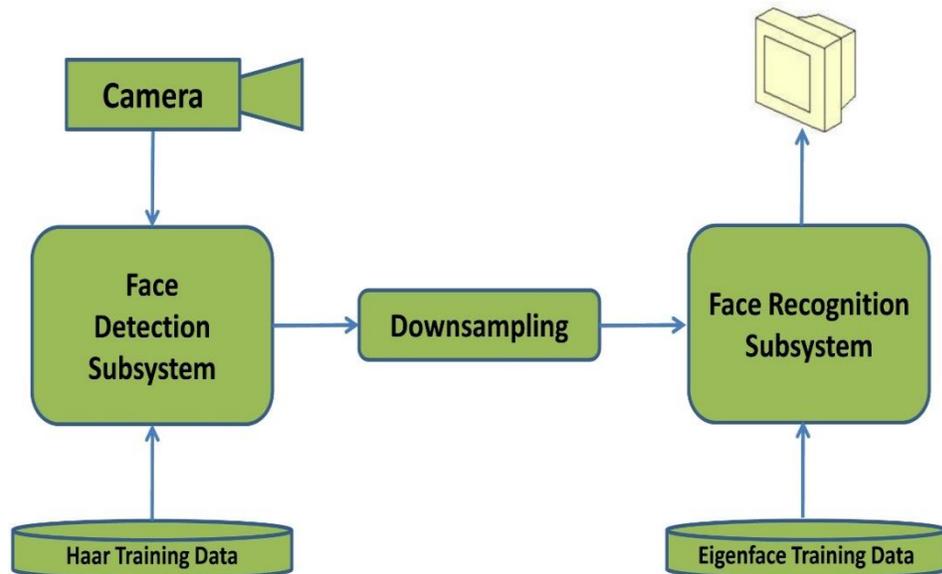


Ilustración 47 - Sistema de reconocimiento facial

La captura de imagen debe realizarse con cámaras de muy alta resolución. Deben admitir una resolución de 5 MP (megapíxeles) o superior. La velocidad de fotogramas debe ser de por lo menos 15 fps (fotogramas por segundo) o inferior, dependiendo de la resolución. La baja velocidad de fotogramas no es un problema en las aplicaciones de reconocimiento facial, ya que el objetivo es capturar una cara en alto detalle, en lugar de capturar una escena visual en alta fidelidad. Las cámaras pueden tener compatibilidad con WDR (Wide Dynamic Range), lo que permite imágenes de alta calidad incluso en condiciones de poca luz y extrema luz. Si es necesario, las cámaras pueden otros sensores biométricos, para refinar aún más el proceso de identificación.

El sistema central a ser desarrollado tendrá la capacidad de obtener la información de cada lectura realizada en cada infraestructura, transformarla y almacenarla en la base de datos para luego realizar el proceso de validación de la información con los datos de los estudiantes, materias y ubicación de aulas. La solución tendrá un portal web desde el cual se realizarán consultas, gestión de los registros de asistencia, acceso a la interface del sistema de registro de estudiantes, acceso a la interface del sistema de cobros, características geográficas del campus y generar reportes y alertas para todos los usuarios.

Con el gran desempeño de las cámaras, muchas funciones de procesamiento de imagen se ejecutan en el propio dispositivo. Sin embargo, dada la complejidad del procesamiento del reconocimiento de rostro, se requiere de un sistema back-end para el reconocimiento de facial.

Las imágenes de las cámaras de vigilancia son captadas por el sistema luego busca en una base de datos de referencia y genera alarmas en tiempo real cada vez que se encuentra una coincidencia.

El sistema de video vigilancia estará compuesto por una cámara instalada en cada curso y conectadas a través de red a un switch. Las cámaras estarán registradas en un sistema NVR (Network Video Recorder). La siguiente ilustración muestra como la infraestructura básica de video vigilancia.

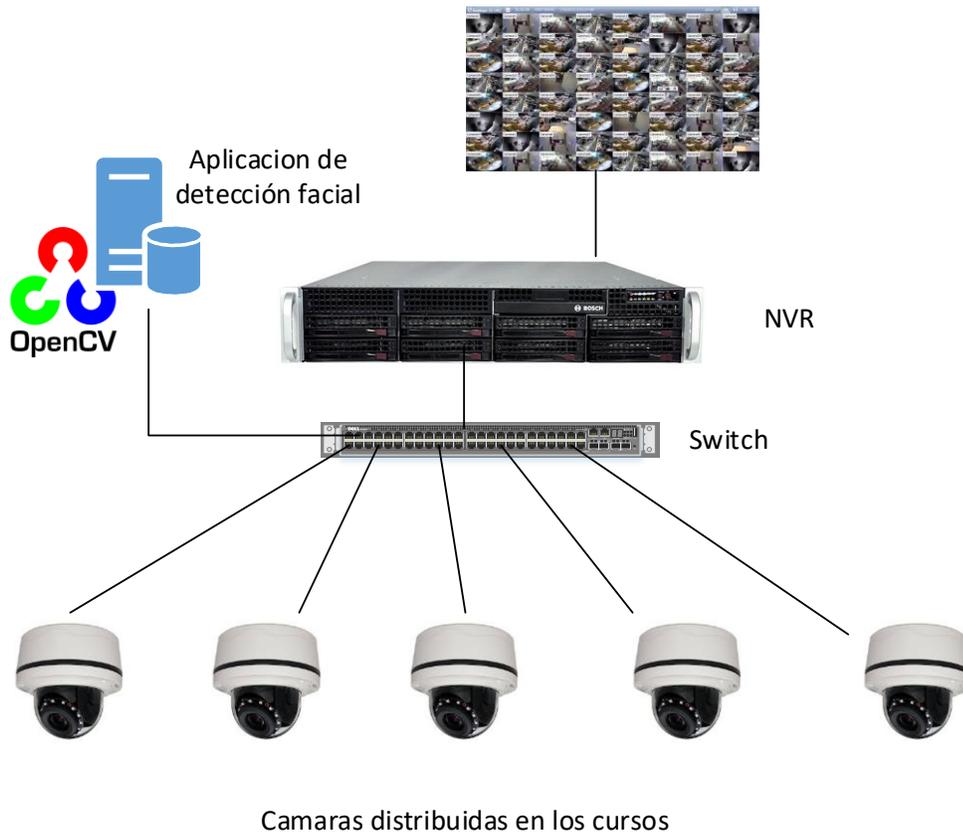


Ilustración 48 - Infraestructura de video vigilancia

### **3.2.3. Funciones del sistema**

#### **Gestión de recursos**

El sistema debe de conocer de la relación de cada elemento asociado con la localización y el estudiante para poder enlazar cada recurso utilizado proceso de asistencia. Entiéndase que cada materia se asociará a un aula definida en el modelo de localización de manera geográfica y simbólica donde el estudiante está registrado para su verificación dentro de las horas pautadas para la materia.

#### **Gestión de los usuarios.**

En primer lugar está el usuario principal en este caso, el estudiante a quien se le registrará en el sistema para la toma de asistencia; estará representado de manera abstracta por cada uno de los objetos de las diferentes infraestructuras (ID, rostro y móvil). Y están los usuarios que usan y gestionan en el sistema, y los cuales pueden poseer uno o más roles dependiendo del tipo de autorización en el mismo.

### **Gestión de la localización.**

Para que el sistema tenga la capacidad de abstraer la localización de un estudiante en base a los tres componentes de detección (biométrico, móvil y RFID) en un lapso de tiempo, debe concretarse un mapa modelado de manera simbólica y geoméricamente, de las aulas y edificios del campus universitario.

El modelado geométrico será en 2D y se hará por pisos de cada edificación, y en él no habrá posibilidad de incluir más de una altura.

### **Calibración de la Localización.**

El sistema será capaz de ajustar los datos recibidos (señales, campo de visión, potencia de la señal) dentro de las zonas que se sitúan claves para poder ubicar un estudiante en un área identificada como aula, salón o laboratorio.

### **Monitoreo de localización de estudiantes.**

Visualización de la localización de los estudiantes registrados que se encuentran en la localización durante un lapso de tiempo dentro de la representación de las

aulas representadas de manera geográfica y simbólica. El sistema deberá calculará la posición e identidad de cada uno de los estudiantes mediante un algoritmo de localización e identificación en base a cada arquitectura defina (RFID, Wi-Fi y Biométrico) y los datos relacionados con la materia, aula y edificio.

### 3.3. Requisitos del sistema

#### 3.3.1. Funcionales

Tabla 2 - Requisitos funcionales del sistema

Requerimientos	Descripción
Req-01	Se necesitará de un modelado de la infraestructura física en forma simbólica y geométrica para mostrar en un sistema GIS integrado en la solución los estudiantes en las aulas.
Req-02	Deberá haber una cámara en cada aula, salón y laboratorio. Las cámaras de deben de ser IP para que el software desarrollado de detección e identificación de rostro pueda interactuar.
Req-03	Debe de existir un controlador de dispositivos Wi-Fi, comúnmente llamado WLC (Wireless Lan Controller) para captar las informaciones suministradas por cada AP.
Req-04	Se requiere de una cobertura necesaria para poder identificar vía RFID el tag pasivo del estudiante de manera visible u oculta en cada aula.
Req-05	Debe de existir la suficiente cobertura de puntos de acceso en la red Wi-Fi para que el dispositivo móvil del estudiante pueda recibir señal.

Req-06	Las potencias de las señales de Wi-Fi deben ser almacenadas en dBms.
Req-07	El sistema debe ser capaz de mostrar al usuario la identificación y localización del estudiante después de cierto tiempo de haberse producido el proceso del registro de asistencia de forma automatizada
Req-08	Cada identificador de cada tag asignado a cada carnet de estudiante debe ser registrado y asociado al mismo en una base de datos.
Req-09	El estudiante debe de tener registrado varias fotos de su cara que bien pueden ser suministradas vía un archivo o tomadas al momento de la emisión del carnet. Para ser almacenadas en una base de datos.
Req-10	Los MAC de los dispositivos móviles de los estudiantes deben de estar registrados y asociados en una base de datos.
Req-11	La infraestructura Wi-Fi deberá de por lo menos de soportar el estándar 802.11b.
Req-12	Debe de existir una base por cada infraestructura o modulo del sistema para los registros de los datos de las asistencias.

### **3.3.2. Interfaces de comunicación**

Es necesario que exista un comunicación entre cada módulo de control de cada infraestructura, independientemente del medio de conexión en que se estructure, cada una debe existir una infraestructura de área local (LAN). La conexión entre los APs y el WLC puede ser en malla con bajo cableado estructurado con switches. Los sistemas de RFID por lo general dependiendo del fabricante poseen su medio interconexión entre los lectores y controladores (Wi-

Fi, cableado estructurado, coaxial, etc.). Es necesaria una conexión segura de internet entre los recursos locales y los de las nubes.

### **3.3.3.Requisitos Tecnológicos**

El sistema necesitará de una infraestructura LAN como se mencionó anteriormente para la interconexión de cada módulo del sistema. Por otra parte, dentro de los requerimientos de hardware y software que se necesitan para cada infraestructura. Se requerirá de recursos locales para realizar las labores de procesamiento de las informaciones de cada módulo y recursos en la nube para poder procesar y almacenar los mismos en un ambiente seguro y de alta disponibilidad.

- Hardware del sistema (requerimientos mínimos)
  - Servidor
    - 2 x Intel Xeon E5-2620 v3 2.40GHz
    - 98 GB Memoria RAM
    - 3 TB Espacio (RAID 5/10, Discos SAS 10K Rpm)
    - Windows Server 2012 R1 con Hyper-V
- RFID
  - 43 Reader con capacidad para 4 antenas (Alien ALR-F800-READER RFID Reader)
    - 7 para el edificio I
    - 10 para el edificio II
    - 11 para el edificio III
    - 6 para el edificio IV
    - 9 para el edificio V
  - 172 antenas (Alien ALR-8697)

- 900 OMNI-ID ADEPT 650P RFID TAG (PACK OF 10)
- Wi-Fi
  - 58 Acces Point (CISCO Aironet 1140 AIR-LAP1142N-A-K9)<sup>3</sup>
    - 12 APs en Edificio I
    - 17 APs en Edificio II
    - 17 APs en Edificio III
    - 7 APs en Edificio IV
    - 15 APs en Edificio V
  - Controladora Wireless (WLC) Cisco AIR-CT2504-50-K9 para 50 APs
    - 2 licencias para 10 APs (L-AIR-CTVM-5-K9)
  - Cisco 2700 Series Wireless Location Appliance
- Video
  - 160 cámaras de vigilancia IP ( Vivotek C Series FD8169A 2MP Network Dome Camera with Night Vision)
  - NVR (Network Video Recorder) para 200 cámaras (Dahua Technology Ultra Series 256-Channel 8MP NVR with 12TB HDD)
- Software
  - SQL Server Business Integillence
- Servicios en las Nubes
  - IaaS

### **3.3.4. Rendimiento**

El sistema debe ser lo más eficiente posible para satisfacer el intercambio de datos entre las distintas plataformas, así como poseer el suficiente espacio de almacenamiento para el procesamiento de los mismo. Además, deberá de tener

---

<sup>3</sup> Ver anexo para visualizar referencia de las ubicaciones.

una conexión de por lo menos 15 Mbps para la subida de la información hacia la nube.

### 3.4. Requerimientos del sistema

En esta sección se identifica y documenta los requerimientos que tendrá el sistema.

#### 3.4.1. Requerimientos funcionales

##### Registro de asistencia

Tabla 3 - Requerimientos funcionales del registro de asistencia

Referencia	Requerimiento
R1	El estudiante con el uso del carnet estudiantil y tag adherido al mismo, podrá registrar su asistencia a la materia al momento de cruzar la puerta de manera automática.
R2	El estudiante con el uso de su celular dentro del salón de clases registrará de manera automática su asistencia.
R3	El sistema de video vigilancia registrará la asistencia del estudiante al reconocer y detectar el rostro para validar el registro por medio del carnet o el celular. Es posible que en ausencia de uno de estos dos sea posible tomar este método como registro.
R4	El sistema debe de registrar dentro del lapso correspondiente al horario de la materia, la actividad del estudiante (entrada y salida).
R5	El sistema determinará de manera geográfica el estudiante dentro del plano geográfico de la universidad.

<b>R6</b>	El sistema determinará de manera lógica donde debe estar el estudiante situado.
-----------	---

## Toma de asistencia

Tabla 4 - Requerimientos funcionales de la toma de asistencia

<b>Referencia</b>	<b>Requerimiento</b>
<b>R7</b>	Se debe visualizar secciones existentes de cada materia, por cada curso / hora de manera lógica y gráfica dependiendo de los privilegios del usuario docente.
<b>R6</b>	Se debe de visualizar las asistencias de cada estudiante por materia: (llegada, salida)
<b>R9</b>	En casos especiales (sistema automático de asistencia no disponible en el momento) el profesor asignado a la materia podrá registrar al momento o luego, las asistencias de los estudiantes con el requisito de poner una nota.
<b>R10</b>	Sería posible para el personal docente autorizado colocar notas de manera individual por estudiante y de manera global para sus secciones donde se amerite la acción de una ausencia durante el transcurso de la clase.
<b>R11</b>	El personal docente y usuario autorizado y con privilegio deberá de validar y aprobar con comentario anexo, el registro manual de las asistencias registradas.
<b>R12</b>	El profesor o personal docente encargado del registro de clases en el sistema, podrá introducir excepciones en días y horas que se ameriten, para que no sean afectadas las asistencias de las materias que puedan ser afectadas por disposición de algún reglamento o situación. Antes o después de haberse producido el registro de asistencia.

## Consultas de asistencias

Tabla 5 - Requerimientos funcionales de consultas de asistencias

Referencia	Requerimiento
R13	Se debe poder visualizar una lista de la asistencia/inasistencias de los estudiantes por curso/hora.
R14	La vista debe de poder filtrar la búsqueda en base a los diferentes criterios que se relacionan con las asistencias: (horario, curso, materia, profesor, aula)
R15	El estudiante a través de la aplicación web puede consultar los detalles de sus asistencias de forma detallada.
R16	Los usuarios deben de visualizar la asistencia en tiempo real.
R17	La consultas podrá realizarse en formato de listas tabuladas y representaciones GIS en un mapa con elementos de filtrado para ambas.
R18	Las consultas pueden ser impresas y exportadas a diferentes tipos de archivos (pdf, Excel, cvs, ext.)
R19	El personal de seguridad física podrá acceder a un reporte de personas no identificadas, su ubicación e información de la cámara que no logró identificar a la persona.

## Configuración

Tabla 6 - Requerimientos funcionales de configuración

Referencia	Requerimientos
R20	El administrador del sistema del portal web para el sistema automatizado de gestión de asistencia deber ser capaz de crear usuarios y perfiles para la configuración del mismo.

<b>R21</b>	Debe de registrarse los modelos geográfico y lógicos de las aulas y relacionarlos con la materia / hora para el cuatrimestre asignado.
<b>R22</b>	Los estudiantes deben de estar registrados como usuarios bajo un perfil único en el cual, otro usuario con privilegio pueda ser capaz de registrar los atributos que posee el estudiante para poder interactuar con el sistema y relacionarlos con las materias a cursar.
<b>R23</b>	El administrador puede realizar configuraciones para generar alertas según parámetros para alertar a los estudiantes y así estos evitar condición de FN.
<b>R24</b>	El administrador puede realizar configuraciones para generar alertas sobre el estado de salud de las materias en relación a los registros de asistencia de los estudiantes.
<b>R25</b>	El administrador puede parametrizar cuales son las posibles causas por la que una sesión de una materia no pueda impartirse.

### **3.4.2.Requerimientos No funcionales**

Tabla 7 - Requerimientos no funcionales

<b>Referencias</b>	<b>Requerimientos</b>
<b>R26</b>	Se debe de poder acceder a la plataforma a través de cualquier navegador web.
<b>R27</b>	La aplicación web debe desarrollarse conjuntamente con un desarrollo de servicios web o APIS para la misma. Esto para

	poder proveer el intercambio de información con otros sistemas de la institución.
<b>R28</b>	El acceso al sistema por parte de los debe ser a través del uso de un usuario y contraseña. Para el caso de la interconexión a los servicios web o API, debe de hacerse a través de Key único por cada conexión.
<b>R29</b>	Los servicios en la nube y todos los componentes deben estar disponibles durante todo el año.
<b>R30</b>	Se debe disponer de seguridad entre la Nube y el Centro de Datos de la Universidad.
<b>R31</b>	Se debe segmentar la red para los dispositivos, un segmento para el sistema RFID, otro segmento para las cámaras y otro para la red Wi-Fi.
<b>R32</b>	La plataforma deberá soportar 300 usuarios concurrentes.
<b>R34</b>	Las interfaces gráficas deben respetar las líneas graficas de la Universidad.

### 3.5. Casos de uso.

---

Este acápite presenta los cosos de uso del sistema automatizado de gestión de asistencia.

#### 3.5.1. Contexto

La parte esencial de este Sistema de Automatización para la Gestión de Asistencias se denominará “SAGA” en el cual interactuarán tres tipos de actores.

Los actores que toman participación en los casos de usos están representados en el siguiente diagrama de actores.

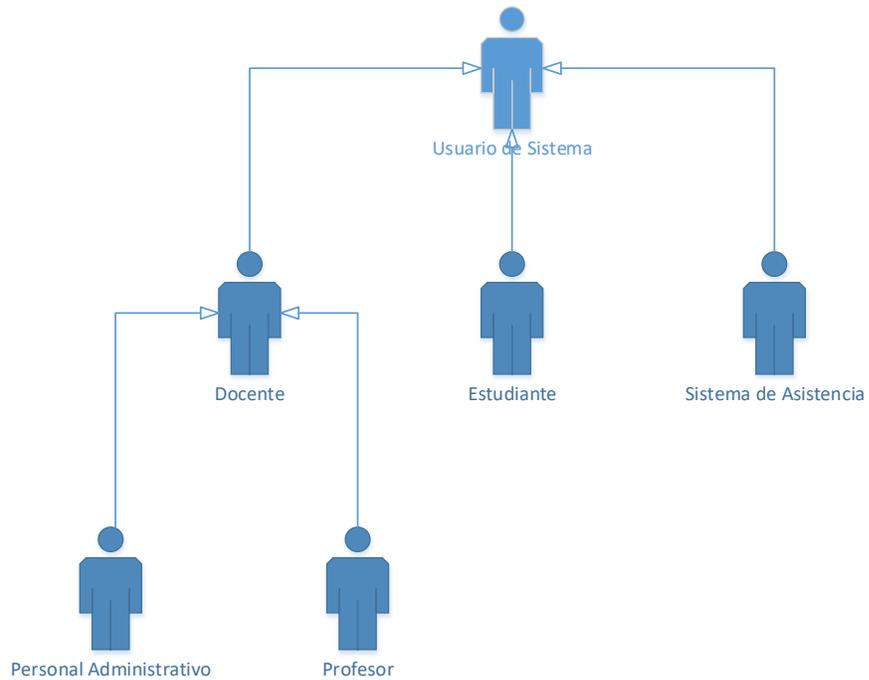


Ilustración 49 - Caso de uso: diagrama de actores

### Diagrama de contexto

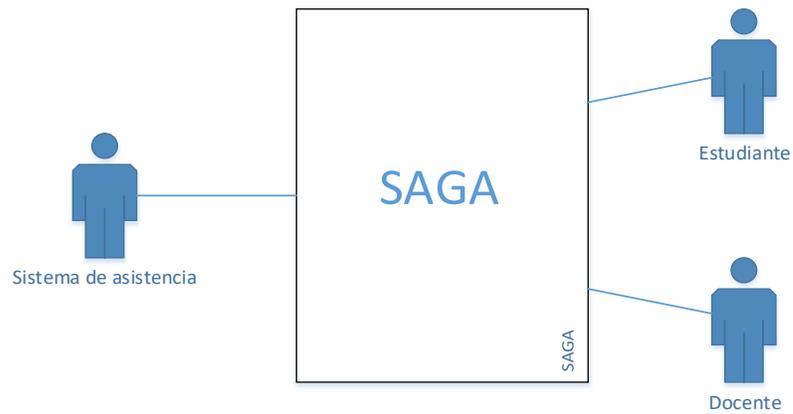


Ilustración 50 - Diagrama de contexto

- **Sistema de asistencia:** es la representación de los actores y elementos que tiene que ver con la calibración, configuración y mantenimiento del sistema, incluyendo los procesos de registro, la carnetización y cuentas por pagar.
- **Estudiantes:** es el usuario que tiene asociado los elementos de identificación para la interacción con el sistema identificación RFID, Dispositivo móvil y características biométricas (cara). Además consultar su información dentro del sistema.
- **Docente:** es reasentado por las autoridades administrativas de la universidad incluyendo el profesor.

## Paquetes

Para una mejor representación del sistema, se ha clasificado el sistema en diferentes paquetes, los cuales contiene más detallado los casos de uso a utilizar.

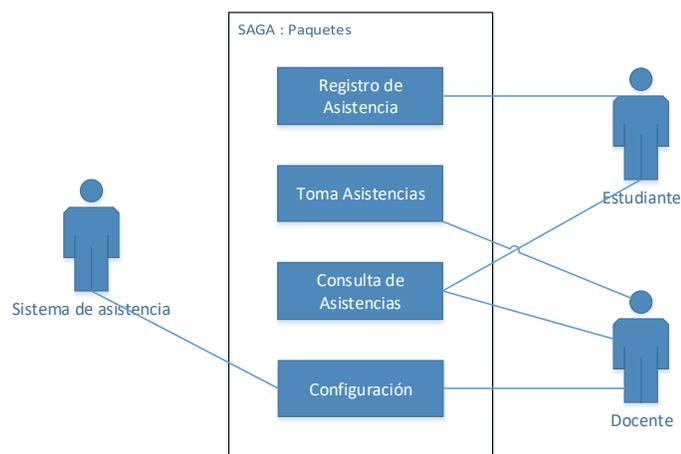


Ilustración 51 - Organización en paquete del sistema SAGA

### **3.5.2. Paquete: Registro de asistencia.**

Aquí se encuentran los casos de uso necesarios para la realización del registro automatizado de las asistencias mediante las diferentes plataformas a tomar en cuenta.

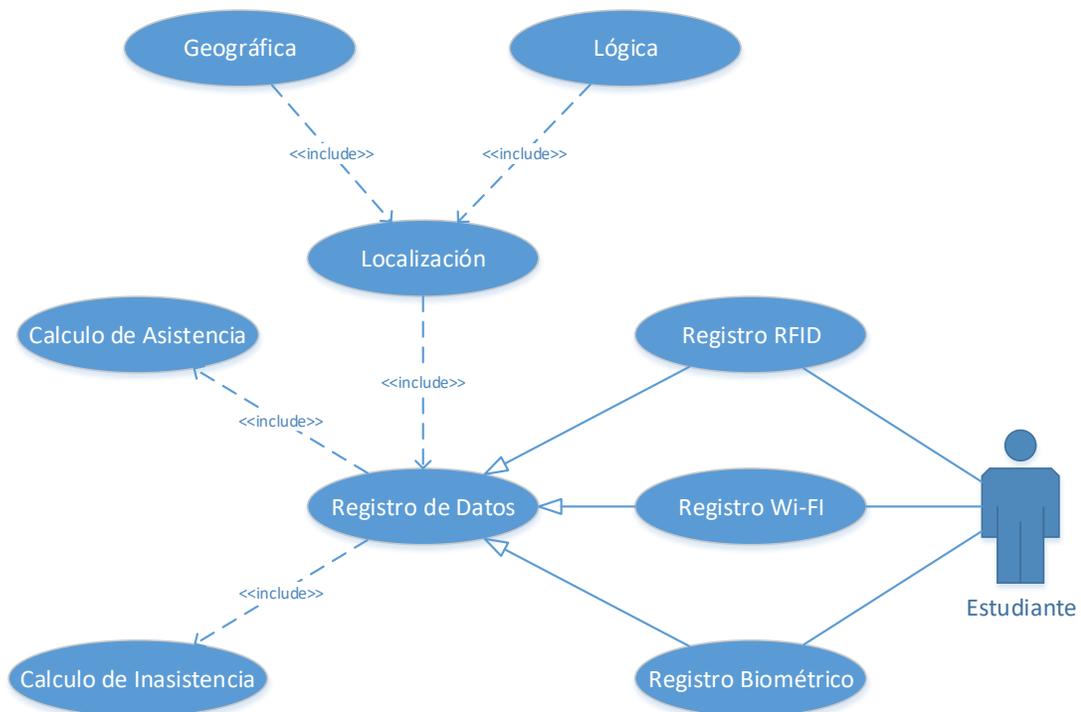


Ilustración 52 - Caso de uso de registro de asistencias

### **3.5.3. Paquete: Toma Asistencias**

Este paquete representa la consulta de asistencia individual de cada estudiante y global de la clase para poder insertar notas o comentarios, registrar ausencias y eventos especiales (días absueltos).

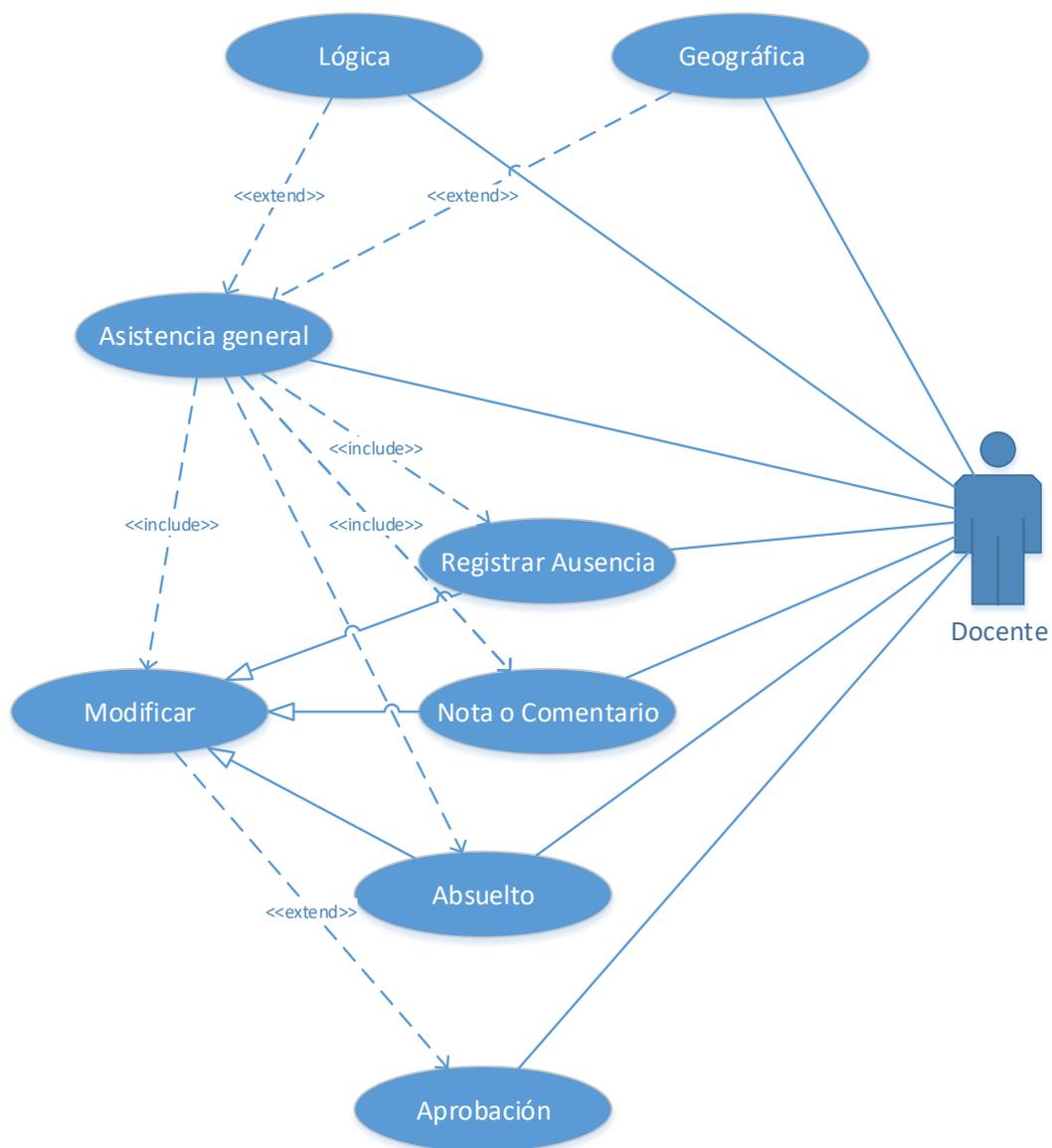


Ilustración 53 - Caso de uso de toma de asistencias

### 3.5.4. Paquete: Consulta de Asistencia

En este paquete se presenta los casos de uso necesario para la realización de consultas por lo estudiantes y personal docente.

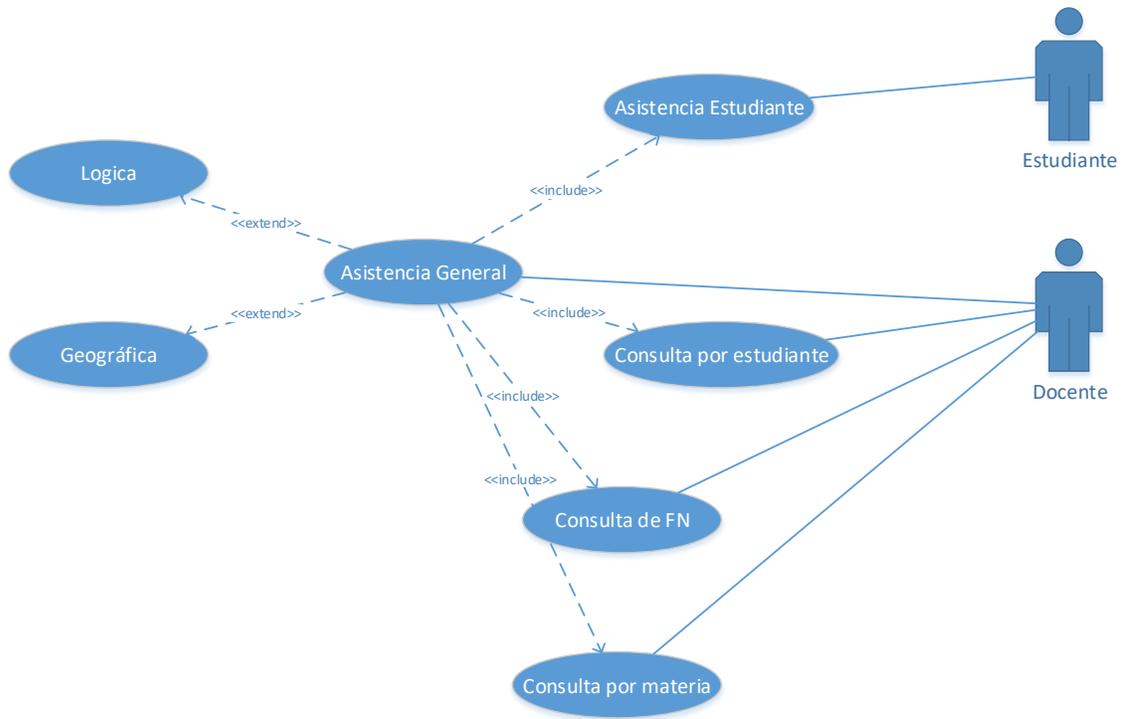


Ilustración 54 - Caso de uso de consulta de asistencias

### 3.5.5. Paquete: Configuración

Este paquete representa los casos de usos para poder configurar el sistema y poder registrar los atributos y objetos que lo componen.

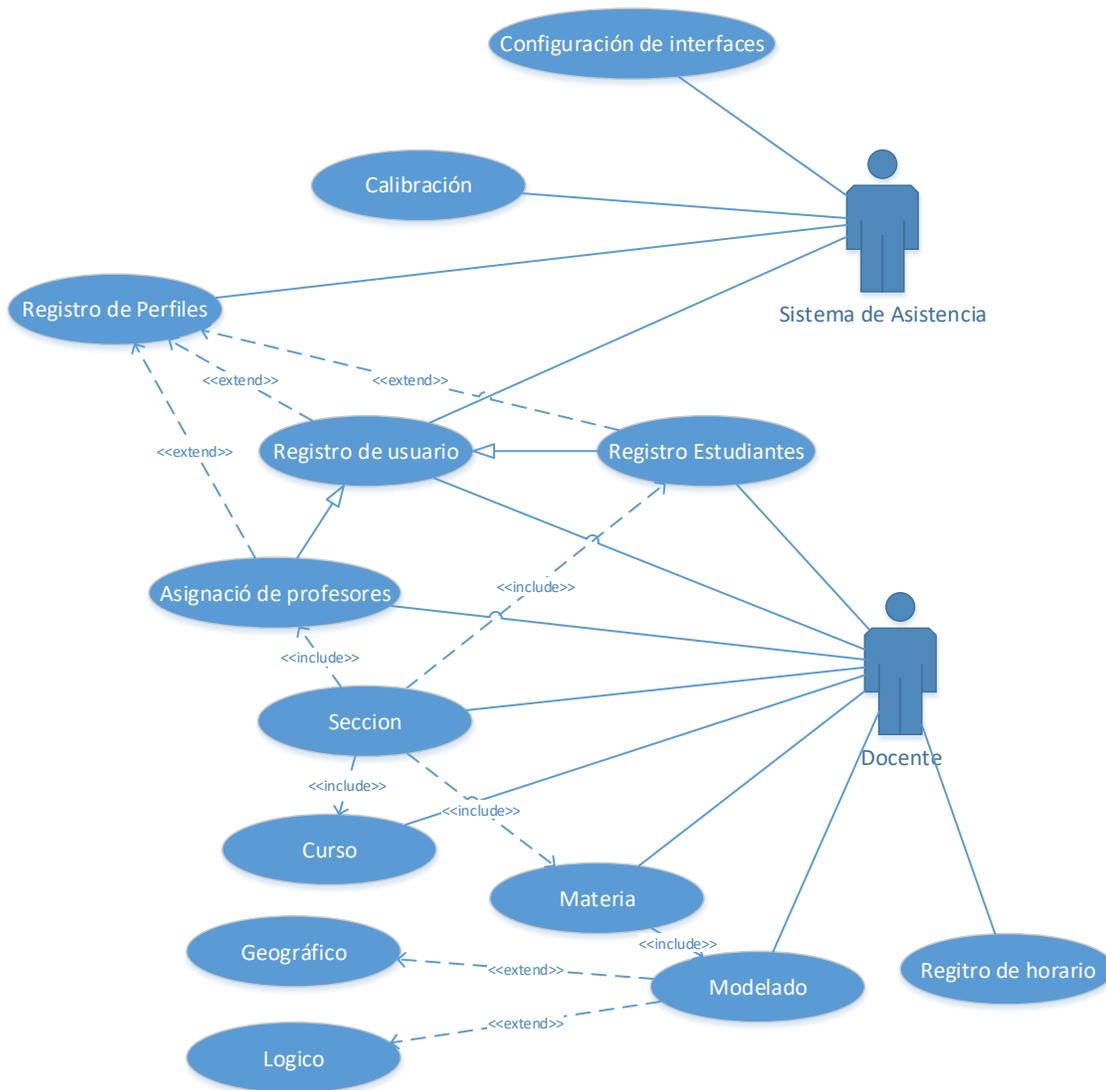


Ilustración 55 - Caso de uso de configuración

### 3.6. Modelado conceptual.

En este acápite se identifican los conceptos en el dominio de la oportunidad de negocio, incluyendo sus atributos y su relación. Se representa las principales clases para el desarrollo del sistema web que servirá de interface entre el usuario y los subsistemas que brindan la información automática de las asistencias.

#### 3.6.1. Identificación de conceptos y clases.

Tabla 8 - Conceptos y clases del sistema SAGA

<b>Clases</b>	<b>Descripción</b>
RFID	Representa la identificaciones registradas bajo un estudiante
Mobile	Lista de equipos registrados para el estudiante
Rostro	Representa las imágenes del rostro de un estudiante.
Estudiante	Representa el estudiante y sus datos
Asistencia	Registro validados de los diferentes métodos asociados con el estudiante y sesión inscrita.
Docente	Representa el personal docente asociado al sistema (profesor)
Curso	Representa el curso, aula, laboratorio o salón.
Materia	Representa la asignatura impartida por el profesor.
Horario	Representa el horario de clases en hora y días.
Sesión	Representa la sesión a la cual puede estar inscrito el estudiante para una materia en determinado horario de un periodo académico.
Campus	Representa el campus de la universidad

Edificios	Representa los edificios que contiene el campus de la universidad.
Nivel	Representa los diferentes pisos o niveles que puede tener un edificios
Inscripción	Representa la sesión a la que un estudiante está inscrito.
Periodo	Representa un periodo académico dentro del año estudiantil.

### **3.6.2. Diagrama de clases.**

En el siguiente diagrama de clases se representa las clases mencionadas en la tabla anterior. En el mismo se muestra las relaciones y propiedades de navegación. El diagrama fue elaborado bajo la herramienta de Visual Studio 2015.

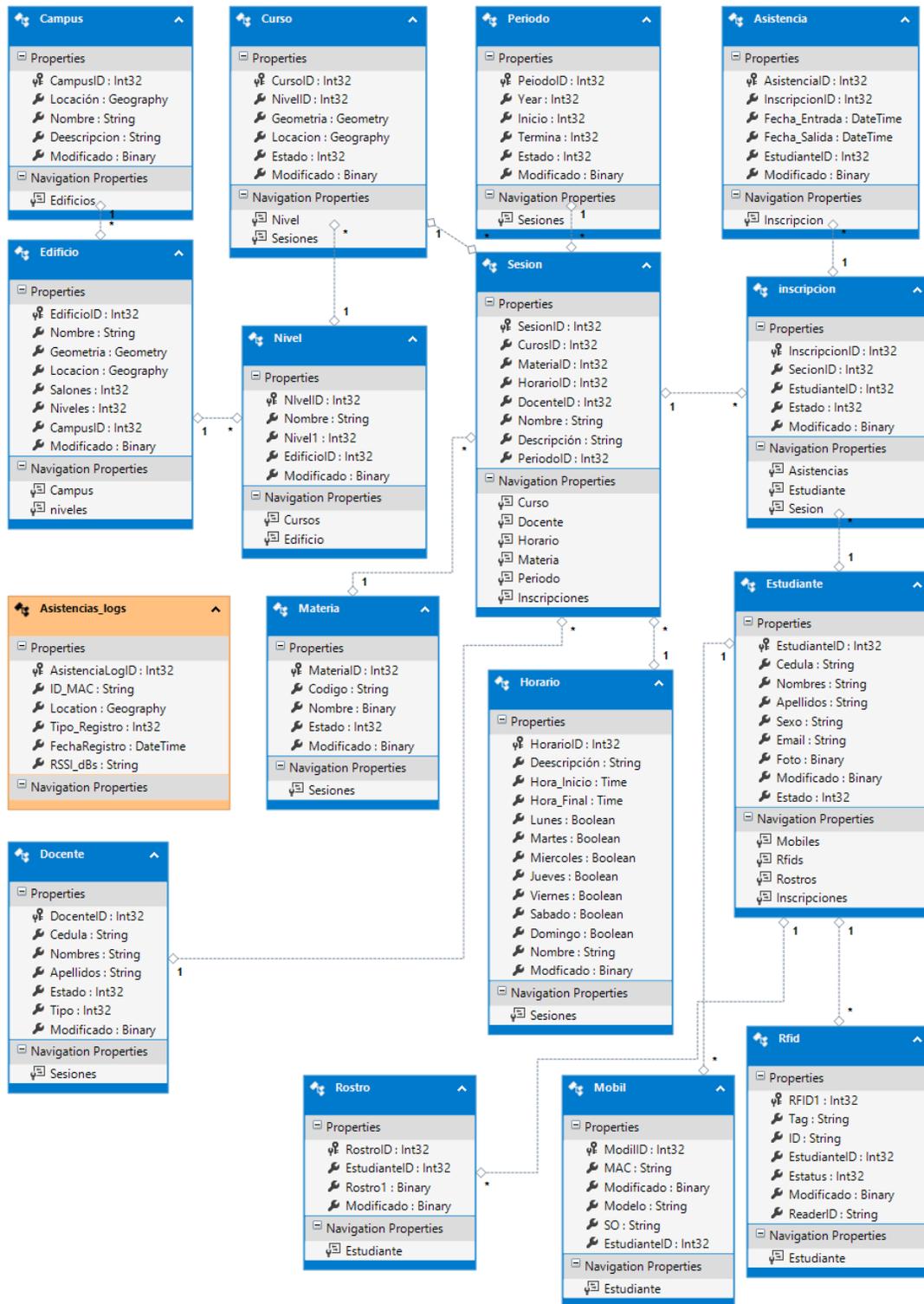


Ilustración 56 - Diagrama de clases (Diagrama de entidad) del sistema SAGA

### 3.7. Comportamiento del sistema.

En esta sección se mostrara a través de diagrama de flujo el comportamiento del sistema a fin de comprender el funcionamiento de cada parte del mismo.

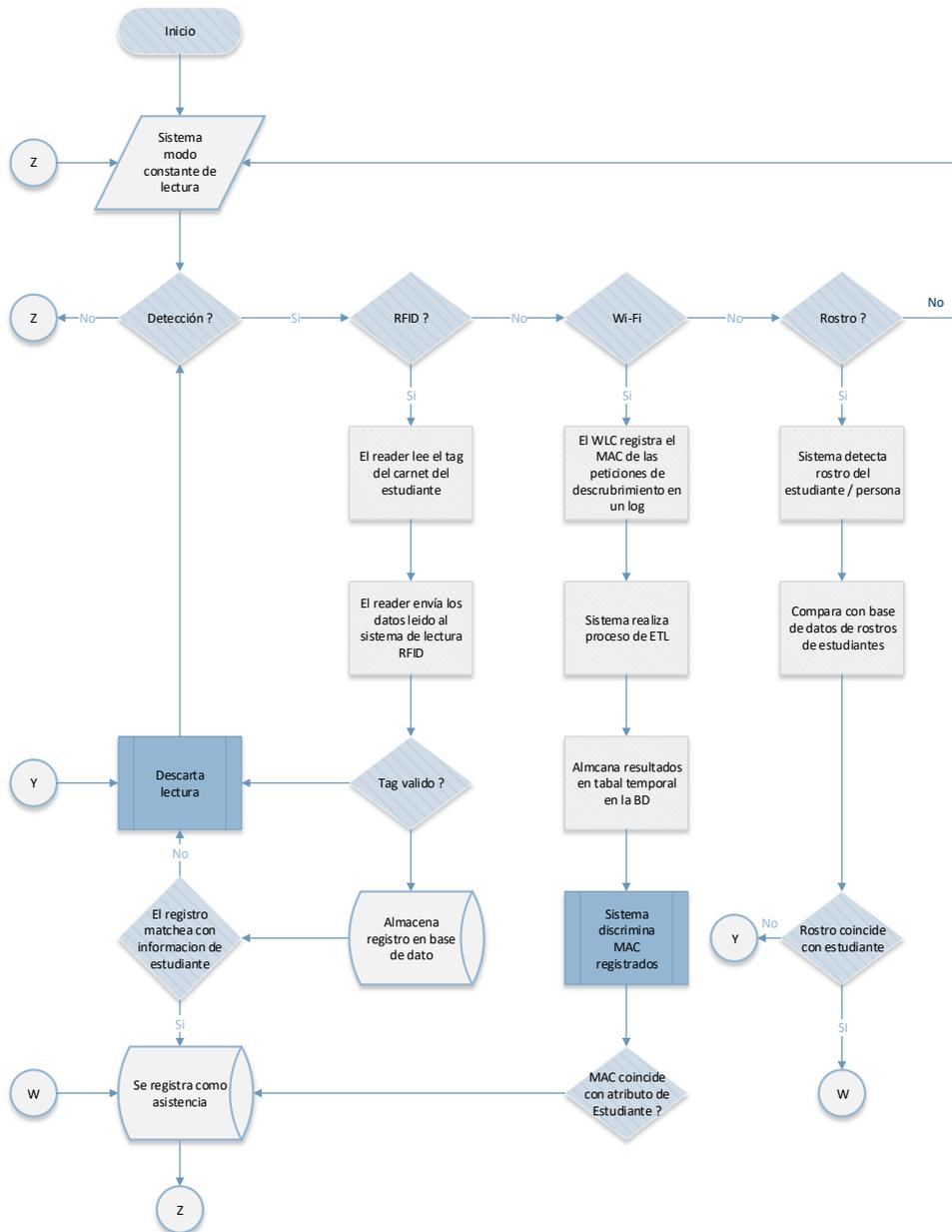


Ilustración 57 - Diagrama de flujo del sistema SAGA

### 3.8. Modelo de datos.

En esta sección se muestra el diseño de la base de elaborado con la herramienta de diseño de SQL Management. Este esquema representa un poco lo que el modelado de clases.

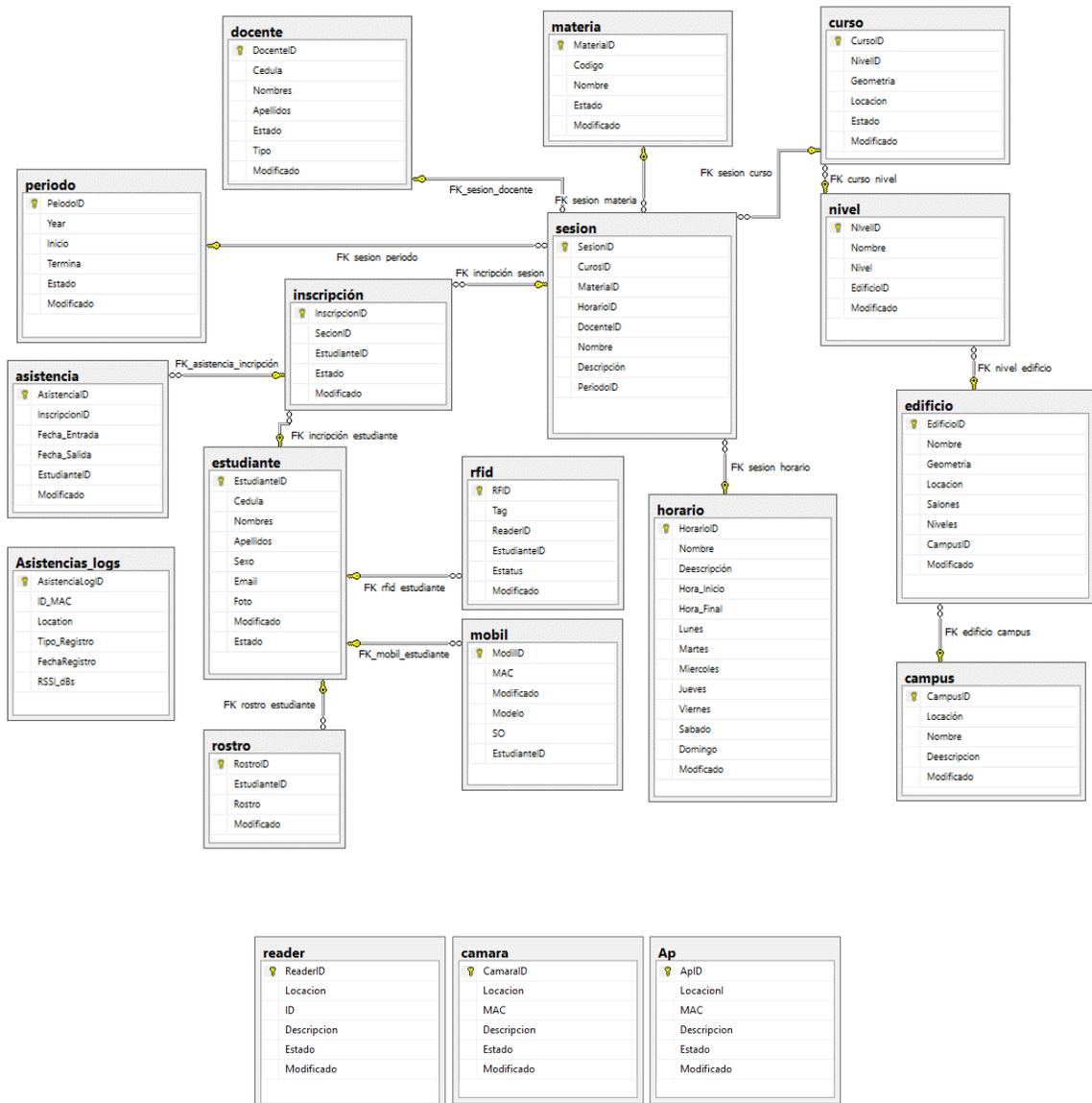
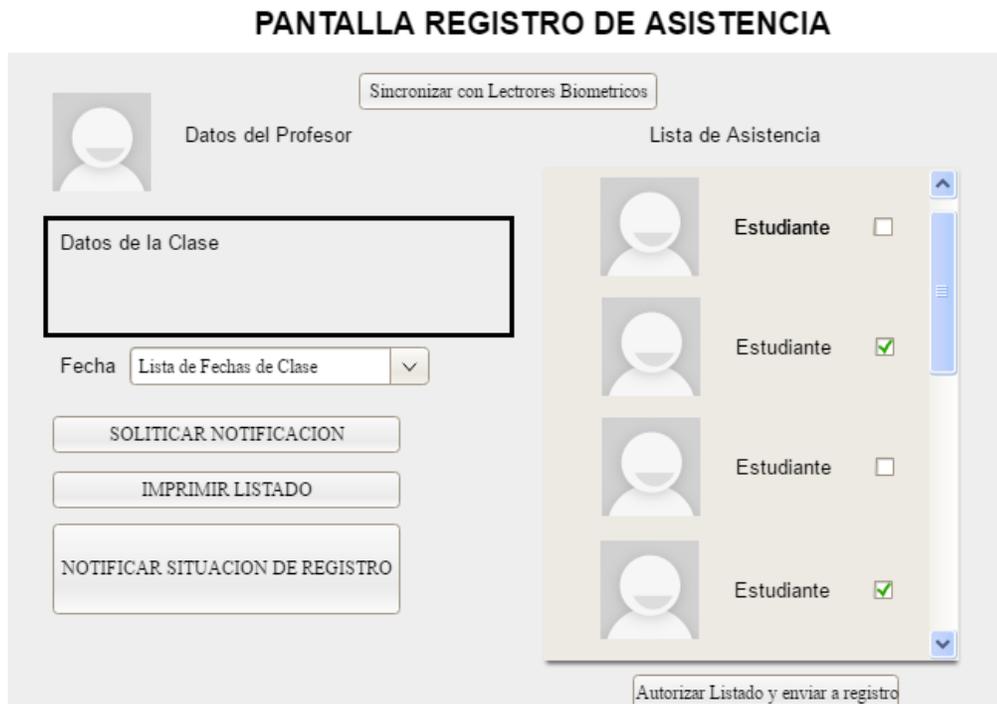


Ilustración 58 - Modelado de base de datos SAGA

Existen tablas, como la de Asistencias logs, reader, cámara y ap que no están relacionadas porque son usadas como registros para el uso de las reglas negocio (término usado para representar como puede ser creada, cambiada y mostrada).

### 3.9. Diseño de pantallas

---



**Descripción:** Este un bosquejo de una de las pantallas principales donde el personal docente puede ver el los estudiantes que ya están presentes por los

mecanismos descritos y donde el profesor aún puede tomar acciones de lugar sobre la asistencia de los estudiantes. La opción de sincronizar es para que refrescar la pantalla y obtener el dato actualizado de si el estudiante está presente o no previo a pasar la lista y hacer una revisión visual.

## PANTALLA ASISTENCIAS DEL ESTUDIANTE

Datos del Estudiante

Lista de Asistencia

**LOG DE ASISTENCIA**

FECHA = HORA - PROFESOR

ESTADO DE LA MATERIA : FN

CANTIDAD DE HORAS SIN ASISTENCIA

SOLICITAR MOTIFICACION

IMPRIMIR REPORTE

NOTIFICAR SITUACION DE REGISTRO

Ilustración 60 - Pantalla del Estudiante

**Descripción:** Este es bosquejo de una de las pantallas principales donde el estudiante puede acceder a visualizar el estado de sus asistencias a las clases al momento. A su vez desde esta plataforma puede solicitar revisión y/o notificar incidentes relacionados a su asistencia.

## PANTALLA VISTA DE TAGS Y MAPAS



Ilustración 61 - Pantalla vista de tags y mapas

**Descripción:** Este es bosquejo de una de las pantallas principales donde el personal administrativo puede consultar en el sistema donde están ubicados los tags en el edificio según la información que reportan las antenas. El sistema puede identificar secciones del edificio como aulas, así como también buscar un tag en específico o por pisos tal cual fue descrito en las funcionalidades.

### 3.10.Propuesta económica

Según la proyección económica realizada y plasmada en la siguiente tabla donde se listan los requerimientos de plataforma necesarios para la implementación de la solución, según el alcance del proyecto establecido arroja lo siguiente:

Tabla 9 - Presupuesto SAGA

REQUERIMIENTOS DE LA PLATAFORMA			
#	DESCRIPCION	PRECIO	TOTAL
	<b>ALMACENAMIENTO EN LA NUBE</b>	\$	\$
	Discos Manejados de Windows Azure, tipo de disco s30-1024 GB	41,360.00	496,320.00
	<b>RESPALDO EN LA NUBE</b>		
	2 TB de almacenamiento de Windows Azure servicio de Respaldo de capacidad LRS		
	<b>SERVIDORES EN LA NUBE</b>		
	Virtual Machines 2 núcleos de Windows Azure , 14 GB de RAM, 100 GB de Disco, Windows Azure Service, Nivel Estándar, Tarifario 744 Hr Mensuales.		
	<b>SERVICIO DE BASE DE DATOS EN LA NUBE</b>		
12	2 Servicios Mensuales de SQL DATABASE de Windows Azure, Base de Datos Única, Nivel Estándar, nivel de rendimiento 10 DTU, 250 GB de almacenamiento		
	<b>SERVICIO DE VPN</b>		
	Servicio Mensual de VPN GateWay de Windows Azure, tarifa estándar, 10 GB de Transferencia		
	<b>ANCHO DE BANDA</b>		
	Servicio Mensual 5 Gb de transferencia de Datos Mensual de Windows Azure Mensual de Datos a los Servidores en la Nube		
	<b>SERVICIOS DE MONITOREO</b>		
	Network Watcher de Windows Azure		

	Monitor Health Windows Azure		
	Soporte Técnico Windows Azure Estándar ( Envío de Incidentes, Soporte Telefónico, Tiempo de Respuesta inferior a 2 Horas)		
	<b>REDES</b>		
58	CISCO Aironet 1140 AIR-LAP1142N-A-K9 Wireless Access Point	\$ 10,200.00	\$ 5,916,003.00
1	AIR-CT2504-50-K9 Cisco 2500 Series Wireless Controller con 200 licencias	\$ 280,000.00	\$ 280,000.00
2	L-AIR-CTVM-5-K9 Cisco Virtual Wireless Controller with 30 Access Points Licences.	\$ 15,275.00	\$ 30,550.00
1	Cisco 2700 Series Wireless Location Appliance	\$ 7,050.00	\$ 7,050.00
43	Alien ALR-F800-READER RFID Reader	\$ 65,025.08	\$ 2,796,078.44
172	ALIEN ALR-8697 RFID ANTENNA with 25 ft. Cable (240 Series, RP-TNC Male to RP-TNC Male) [\$72]	\$ 11,114.60	\$ 1,911,711.20
900	OMNI-ID ADEPT 650P RFID TAG (PACK OF 10)	\$ 1,363.00	\$ 1,226,700.00
	<b>SOFTWARE DE RECONOCIMIENTO FACIAL</b>		
1	OpenCV (Open Source Computer Vision) licencia BSD para Windows, Android y IOS version 3.2	\$ -	\$ -
	<b>BIOMETRICOS</b>		
1	Dahua Technology Ultra Series 256-Channel 8MP NVR with 12TB HDD	\$ 623,173.00	\$ 623,173.00
160	Vivotek C Series FD8169A 2MP Network Dome Camera with Night Vision	\$ 8,107.00	\$ 1,297,120.00
	<b>SERVIDORES LOCALES</b>		
2	2 x Intel Xeon E5-2620 v3 2.40GHz 98 GB Memoria RAM	\$ 575,044.00	\$ 1,150,088.00
	3 TB Espacio (RAID 5/10, Discos SAS 10K Rpm)		
	Windows Server 2012 R1 con Hyper-V		
1	SQL Server 2016 Enterprise Edition	\$ 670,032.00	\$ 670,032.00
<b>TOTAL</b>			<b>11,080,422.64</b>

Se estima que el proyecto puede implementarse en un periodo de tres meses utilizando los recursos actuales con los que cuenta la universidad. Esto

porque ya cuentan con una plataforma de desarrollo de software interno y una infraestructura de red Wireless y LAN que cumple con los requerimientos que necesita la plataforma.

Con relación a la inversión de los Carnets si se coordina con la sustitución que se realiza periódicamente en la universidad puede cubrirse el coste total de \$1,226,700 pesos a través del cobro de la matrícula de los estudiantes. Por otro lado está el coste del motor de la base de datos, el cual se cuenta actualmente en la plataforma tecnológica pero se agregó en caso de ser necesario, en caso contrario se eliminarían otros \$670,032 pesos del presupuesto. Reduciendo el personal que se dedica a las actividades y orientando a otras actividades a otras actividades se estima un ahorro para este proceso de \$676,000 pesos de forma anual. Existen costes relacionados a material gastable, utensilios, impresión, gastos administrativos, mantenimiento de espacios de trabajo que se estiman en 50,000 pesos de ahorro de manera anual.

En un primer año el coste real del proyecto sería de \$8,450,640.64 Pesos y habría \$726,000.00 pesos aproximados en ahorros anuales en el proceso. El proceso se pagaría financieramente en 11 años y medio.

Cabe destacar que la reingeniería de procesos que aborda el monográfico más que de verse del retorno de la inversión desde la perspectiva económica, hay que también analizarlo desde la perspectiva de los beneficios que se obtendrán con la implementación de esta propuesta:

- Reducción de incidentes de estudiantes que por inasistencias queden en estado de FN, el cual se detectó en la encuesta como muy alto. Más de un 30% de los estudiantes encuestados entienden que el proceso actual no les fue útil para evitar esta situación.
- Este proyecto puede proveer una base para otros mecanismos de control de seguridad ya que habiendo una plataforma de cámaras con la inteligencia implementada de reconocimiento facial puede extenderse a agregar más elementos de seguridad de beneficio para la universidad y los estudiantes.
- El proyecto puede utilizarse para otros procesos internos como seguridad industrial en específico para procesos de evacuación y seguridad interna ya que se pueden identificar gracias a los tags la presencia de personas en las áreas gracias a las antenas RFID a implementar.
- El proyecto mejora la imagen institucional de la universidad en relación a otras universidades debido a que muestra procesos de vanguardia tecnológica.
- El proyecto asegura la calidad en el proceso de control de asistencias evitando gasto en términos administrativos y de recursos humanos en el tratamiento de incidencias referentes a las asistencias

---

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

La solución expuesta, como se ha expresado desde el comienzo, busca mantener la estabilidad y posicionamiento mercadológico de la Universidad APEC. La implementación del Sistema Automatizado de Gestión de Asistencia (SAGA) disminuiría el disgusto en la población estudiantil y a su vez garantizaría su estadía desde que inicia hasta que termina su ciclo de formación profesional.

La percepción de los estudiantes tras la puesta en marcha de este sistema en relación a los procesos de registro, podría subir en un 30% -40% en satisfacción, esto según la encuesta realizada.

La implementación de este sistema con tecnologías de no contacto, serían una base para otros mecanismos de control y seguridad utilizando la plataforma de las cámaras y la inteligencia desarrollada para el reconocimiento facial.

La ganancia económica que se obtiene luego de su implementación es la parte interesante de este proyecto. Una universidad con procesos automatizados, estables y que a su vez tengan contacto directo con los estudiantes aumentan la posibilidad de percibir mayor ganancias. SAGA se traduce en eficiencia, permanencia, integridad y valor agregado. El desarrollo del modelo del sistema SAGA puede ser por etapas ya que los tres subsistemas tienen dependencia autónoma y el proceso de registro de asistencia automatizado podría funcionar

solo con uno de los subsistemas. La recomendación al proceso de implementación es comenzar por la infraestructura de RFID que es la más esencial ya que puede estar incluida dentro de los reglamentos de la universidad como identificación obligatoria a portar para las asistencias

La identificación Wireless puede ser un complemento a la red inalámbrica actual, con la sugerencia de mejorar la cobertura de la señal y la inclusión de los dispositivos requeridos por el sistema.

La detección de rostros a través de video cámaras requiere el uso de una infraestructura más costosa y quizás de mejoras en el sistema de video vigilancia actual. Sumado a esto el desarrollo de un programa con el uso de las técnicas de reconocimiento facial que se plantean en el trabajo.

Con relación a todo el Sistema y cada uno de sus componentes, es fundamental tener muy presente la privacidad y protección de la información de los datos personales, que podrían causar perjuicios a la imagen de la Universidad, incluso en materia del aspectos económicos en la inversión realizada, inclusive la pérdida de imagen pública, indemnizaciones, aspectos legales, etc. Es por ello que la privacidad y seguridad se debe “trabajar” desde el planteamiento inicial del sistema, considerándolo una pieza clave del mismo.

---

# BIBLIOGRAFÍAS

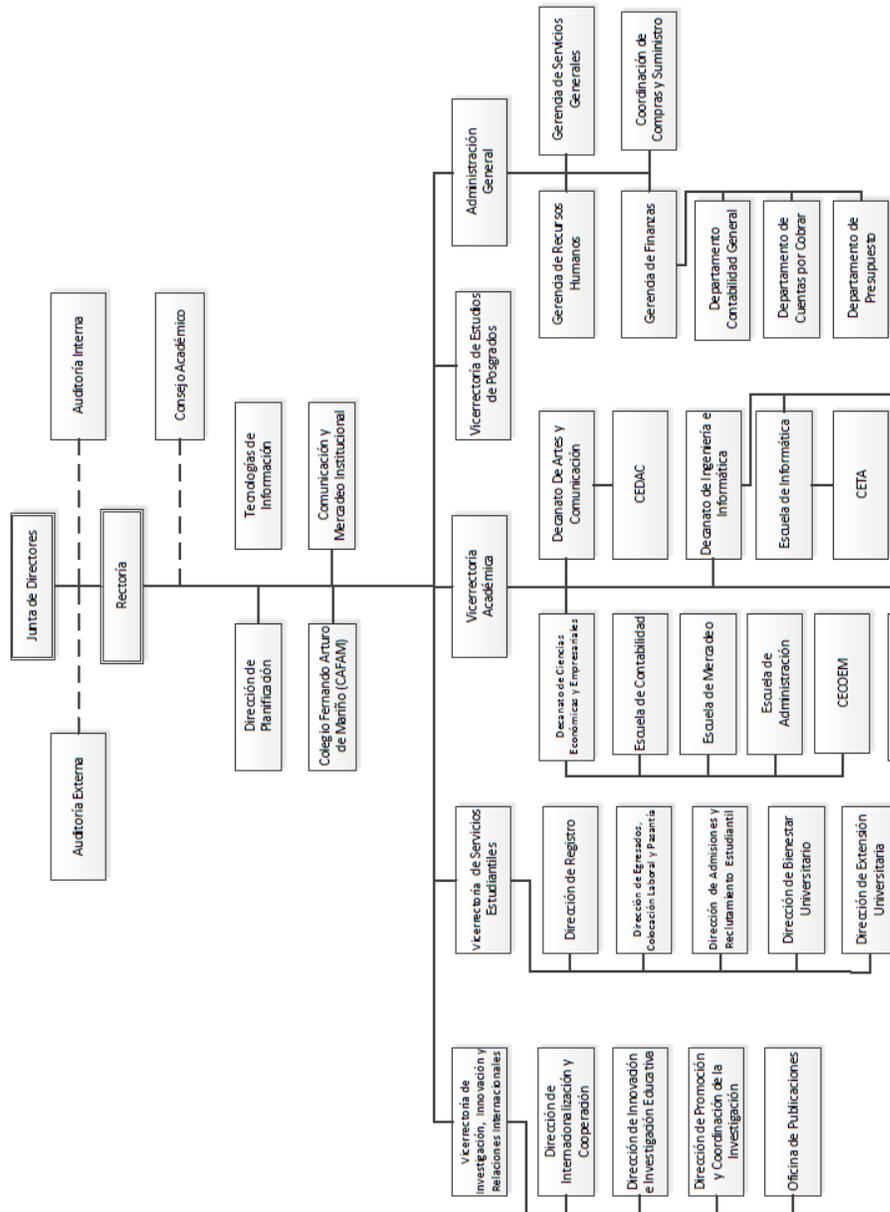
---

- Chamizo Alberto, D. (2013). *ENTORNO DE PROGRAMACIÓN GRÁFICO OPENCV*. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid.
- Díaz Rodríguez, V. (2013). Sistemas biométricos en materia criminal: un estudio comparado. *Revista IUS*, 7(31), 28-47. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-21472013000100003](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-21472013000100003)
- Agudo de Carlos, A. (2009). *Sistema de Localización de Dispositivos Móviles Basada en Wireless LAN*. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid.
- Brian Bai, Y. (2016). *Development of a Wi-Fi and RFID Based Indoor Location and Mobility Tracking System*. Auckland): RMIT University.
- Cañizares Luna, O., Sarasa Muñoz, N. L., & Pérez de Armas, A. M. (abr.-jun. de 2016). Modelo para los análisis de promoción. *Educación Médica Superior*, 30(2). Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-21412016000200011](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21412016000200011)
- Casa Guix, D. (2009). *REAL-TIME FACE TRACKING METHODS*. Ballater: ETSE, Universitat Autònoma de Barcelona.
- Chen , L., Li , B., Zhao , K., Rizos , C., & Zheng , Z. (2013). An Improved Algorithm to Generate a Wi-Fi Fingerprint Database for Indoor Positioning. *Sensors*. Obtenido de <http://www.mdpi.com/1424-8220/13/8/11085/htm>
- Espinoza Olguín, D., & Jorquera Guillen, P. (2015). *Reconocimiento Facial*. Valparaiso: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO.
- Fine, C., Klym, N., Tavshikar, M., & Trossen, D. (2006). *The Evolution of RFID Networks*. Cambridge: Cambridge University Communications Research Network.
- Garcia Chavez, D. (2005). *Integración de una aplicación móvil a una Intranet. Caso: Toma de asistencia estudiantil*. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

- García Polo, E. M. (2008). *Técnicas de Localización en Redes Inalámbricas de Sensores*. Albacete: Universidad de Castilla-La Mancha. Obtenido de <https://www.dsi.uclm.es/personal/EvaMariaGarcia/docs/2008-Curso%20Verano.pdf>
- Joyanes Aguilar, L. (2012). COMPUTACIÓN EN LA NUBE: NOTAS PARA UNA ESTRATEGIA ESPAÑOLA EN CLOUD COMPUTING. *Revista del Instituto Español de Estudios Estratégicos*, 89. Obtenido de <https://cover.vectorsf.net/index.php/ieee/article/view/10>
- Koutsou, A. (2009). *Localización de Personas en Entornos Interiores Mediante Tecnología RFID (Indoor RFID Location System)*. Alcalá: UNIVERSIDAD DE ALCALA.
- Medina Salgado, C. (s.f.). *Los Sistemas Automáticos de Identificación*. Obtenido de Universidad Autónoma Metropolitana: <http://www.azc.uam.mx/publicaciones/enlinea2/num1/1-1.htm>
- Microsoft. (17 de Marzo de 2017). *Introducción a Visual Studio .NET*. Obtenido de MSDN Library: [https://msdn.microsoft.com/es-es/library/aa291755\(v=vs.71\).aspx](https://msdn.microsoft.com/es-es/library/aa291755(v=vs.71).aspx)
- Mirzaei, R. S. (2005). *Spatio-Temporal Databases for Indoor Positioning Systems*. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology. Obtenido de <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/250880>
- Navarro, S. R. (25 de Enero de 2017). *Acesoría de Monográfico*. (E. J. D., Entrevistador)
- Ortiz Cirugeda, J. (2014). *APLICACIÓN ANDROID PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN A PARTIR DE FOTOGRAFÍAS*. Madrid: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID.
- PEÑAHERRERA ACURIO, I. (2015). *SERVICIOS DE LOCALIZACIÓN BASADA EN TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS PARA LA GESTIÓN OPERATIVA DE INVENTARIOS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ*. Ambato, EC: UNIVERSIDAD REGIONAL AUTÓNOMA DE LOS ANDES.
- Planells Lerma, J. (2009). *Implementación del algoritmo de detección facial de Viola-Jones*. Valencia: Universitat Politècnica de València.

- Portillo, J. I., Belén Bermejo, A., & Bernardos, A. M. (2008). *Tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID): Aplicaciones en el ámbito de la salud*. Madrid: Vigilancia Tecnológica madri+d.
- Szklanny, S., & Behrends, C. (2006). *Sistemas Digitales de Control de Procesos* (2 ed.). Argentina: Editorial Control.
- Torteeka, P. (2014). Hybrid Technique for Indoor Positioning System based on Wi-Fi Received Signal Strength Indication. *ResearchGate*.
- Widyawan, W., Klepal, M., & Pesch, D. (25 de Marzo de 2017). *Influence of Predicted and Measured Fingerprint on the Accuracy of RSSI-based Indoor Location Systems*. Obtenido de RsearchGate: <https://www.researchgate.net/publication/251839372>
- Wikipedia. (16 de Marzo de 2017). *Sistema de información*. Obtenido de Wikipedia: [https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_información](https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_información)
- Woo García, R. (2016). *Diseño de una etapa de Control Digital para un TAG Pasivo RFID*. Veracruz: Universidad Veracruzana.

# ANEXO A: ORGANIGRAMA DE UNAPEC



---

# ANEXO A: REGLAMENTOS DE LA UNIVERSIDAD APEC SOBRE LA ASISTENCIA A LA CLASE.

---

El actual reglamento estudiantes, publicado en fecha 30 de Mayo del 2009, define las normativas que se deben de seguir. En este caso allí están escritas las normas que dictan el proceso de asistencia y los deberes del estudiante y el personal docente hacia este proceso. Esta documentación está colgada en la sección de documentos institucionales.

**ARTÍCULO VEINTIDÓS:** Las clases de técnico superior, de grado y de postgrado podrán ser impartidas de manera presencial, semi-presencial y virtual.

**ARTÍCULO VEINTITRES:** En el modelo presencial, es obligatoria la asistencia a todas las sesiones de clase, actividades de laboratorio, seminarios y prácticas que demande el programa. Para estos fines se aplicará el control de asistencia establecido por la Institución.: El o la estudiante deberá asistir al grupo seleccionado. Todo cambio de asignatura y grupo, sin la debida autorización, y con la consecuente inasistencia a la sección que corresponde, conlleva la reprobación de la asignatura por inasistencia (FN).

**ARTÍCULO VEINTICUATRO:** En los modelos semipresencial y virtual, la participación de los o las estudiantes en las sesiones de clase también será obligatoria.

**ARTÍCULO VEINTICINCO:** El o la estudiante puede cursar asignaturas durante el mismo período cuatrimestral en diferentes modalidades.

**ARTÍCULO VEINTISEIS:** El modelo semipresencial será aplicado conforme a la utilización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (en línea) o mediante el uso de asesorías y tutorías individualizadas, debidamente programadas en calendario y coordinadas por el profesor con los alumnos y con la supervisión del decano o director correspondiente.

**ARTÍCULO VEINTISIETE:** El modelo virtual se desarrolla mediante el uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC). **PÁRRAFO:** El uso de la modalidad virtual implica el uso de materiales didácticos de apoyo y accesibles a través de la página web de UNAPEC.

**ARTÍCULO VEINTIOCHO:** El tiempo de la participación en línea del o la estudiante será monitoreado a partir de los controles previstos en la plataforma tecnológica utilizada.

**ARTÍCULO VEINTINUEVE:** Las modalidades de docencia a ser utilizadas en el modelo en línea son:

Docencia en línea sincrónica: en estos casos, el material didáctico y el calendario de actividades correspondientes a las clases a distancia, dispuesto por el profesor, estará a la disposición de los estudiantes en la página web de UNAPEC. En estos casos, el o la docente estará disponible en los horarios preestablecidos en el calendario a través de la tecnología de Internet y hará uso

de chat o foros cerrados, con una participación interactiva entre estudiantes y docente, la cual será registrada por el sistema y controlada según los procedimientos de este reglamento.

Docencia en línea asincrónica: el material didáctico y el calendario de trabajos que hay que presentar correspondientes a las clases a distancia, indicado por el profesor, estará a la disposición de los estudiantes en la página web de UNAPEC. En estos casos, los alumnos preguntarán a los y las docentes por medio de correo electrónico o teléfono, según el caso y naturaleza de la asignatura.

REGLAMENTO ESTUDIANTIL REG-VC-0023.004 (04-11) Página 15 de 46  
DOCUMENTO DE CONSULTA – NO DUPLICAR

Los estudiantes, individuales o por grupos, recibirán una atención personalizada, tantas veces como se requiera, y la misma estará sujeta al calendario aprobado por el decano o director correspondiente.

Conferencista en línea: El o la docente ofrecerá una conferencia que será transmitida en vivo o diferida por Internet o puesta a disposición en la página web de la Universidad.

**ARTÍCULO TREINTA:** El máximo de ausencias permitido en una asignatura es el veinte por ciento (20%) del total de horas de esa asignatura, sin importar el modelo en el cual la misma se imparta. **PÁRRAFO PRIMERO:** Se validarán excusas hasta un cinco por ciento (5%) de ausencias por encima de lo establecido en este artículo, avaladas por certificado médico, cartas de trabajo y otros documentos

que justifiquen las ausencias. PÁRRAFO SEGUNDO: Antes de los exámenes finales de cada cuatrimestre, el Departamento de Registro publicará la lista de estudiantes en condición de FN. PÁRRAFO TERCERO: El o la estudiante que estando inscrito en una asignatura supere el veinte por ciento (20%) de ausencias y no presente los documentos justificativos en el plazo previsto en el Calendario Académico, conllevará la reprobación de la asignatura por FN.

**ARTÍCULO TREINTA Y UNO:** En el modelo presencial, el profesor controlará la asistencia estudiantil por cada hora de clase. PÁRRAFO PRIMERO: Los períodos de clase comienzan a la hora en punto. Se considera tardanza la llegada del o de la estudiante en el transcurso de los primeros veinte minutos de clase. Pasado este tiempo, el o la estudiante quedará ausente en esa hora. Tres tardanzas equivalen a una ausencia. PÁRRAFO SEGUNDO: El o la estudiante tiene la obligación de esperar la llegada del profesor hasta la hora y veinte minutos. Pasado ese tiempo, tiene derecho de marcharse sin que el profesor, en caso de que llegue más tarde, pueda ponerle ausente. En clases de dos o más horas consecutivas, el o la estudiante tendrá que esperar hasta la segunda hora de clase. REGLAMENTO ESTUDIANTIL REG-VC-0023.004 (04-11) Página 16 de 46

DOCUMENTO DE CONSULTA – NO DUPLICAR DE LOS RETIROS ARTÍCULO TREINTA Y DOS: El o la estudiante del nivel técnico superior, grado y postgrado tiene derecho a retirar parcial o totalmente las asignaturas seleccionadas. PÁRRAFO PRIMERO: El o la estudiante podrá realizar el retiro de asignaturas, parcial o total. PÁRRAFO SEGUNDO: Todo retiro de asignaturas deberá

realizarse conforme al plazo establecido en el Calendario Académico. Fuera de esos plazos no se aceptarán retiros. **PÁRRAFO TERCERO:** En el caso de los o las estudiantes de postgrado, el retiro de una asignatura podrá realizarse sólo dos veces durante el desarrollo del programa que cursa.

**ARTÍCULO TREINTA Y TRES:** En caso de que un o una estudiante, por razones justificadas, haya abandonado el cuatrimestre y no haya tomado ningún examen final en ninguna de las asignaturas seleccionadas, el Departamento de Registro podrá aplicar un Retiro Total Tardío (RTT) al momento en que el o la estudiante haga reingreso o solicite la expedición de un documento oficial. **ARTÍCULO TREINTA Y CUATRO:** Toda asignatura retirada recibirá una calificación de "R". **PÁRRAFO PRIMERO:** Toda asignatura cancelada por la Universidad queda eliminada del récord del o de la estudiante. Si el retiro ocurre por cancelación de la asignatura por parte de la Universidad, el retiro se eliminará automáticamente de su récord. El Departamento de Registro, en los casos que proceda, solicitará al Departamento de Cuentas por Cobrar el ajuste contable correspondiente. **PÁRRAFO SEGUNDO:** Si el retiro total o parcial se produce de hecho, pero no es formalizado y autorizado, se obtendrá una calificación de "F", con el efecto correspondiente en el índice cuatrimestral y acumulado del o de la estudiante. **PÁRRAFO TERCERO:** En caso de deudas pendientes por un retiro total no autorizado, estas tendrán que ser pagadas en el momento de reingresos o de solicitud de récord de notas o de cualquier otro documento.

**ARTÍCULO TREINTA Y CINCO:** Un o una estudiante puede retirar una misma asignatura un máximo de tres (3) veces. A partir del tercer retiro, el o la estudiante estará obligado a cursar dicha asignatura hasta aprobarla. REGLAMENTO ESTUDIANTIL REG-VC-0023.004 (04-11) Página 17 de 46 DOCUMENTO DE CONSULTA – NO DUPLICAR ARTÍCULO TREINTA Y SEIS: El reajuste de cuotas para él o la estudiante por el retiro voluntario, parcial o total de asignaturas, solo valdrá en los siguientes casos:

En caso de que el retiro de alguna asignatura se produzca por la cancelación de su oferta por parte de la Universidad, se le acreditará la cuota correspondiente en el próximo pago del o de la estudiante.

Si él o la estudiante formalizan el retiro del cuatrimestre en la primera semana de docencia, se le acreditará el pago correspondiente.

Si él o la estudiante retiran el cuatrimestre después de realizar el primer pago, y antes de cumplirse el segundo pago, se le exime de los pagos siguientes.

En el caso del o de la estudiante que haya realizado el pago total del cuatrimestre, si se retira durante el primer mes de docencia, se le acreditará conforme a la política administrativa vigente.

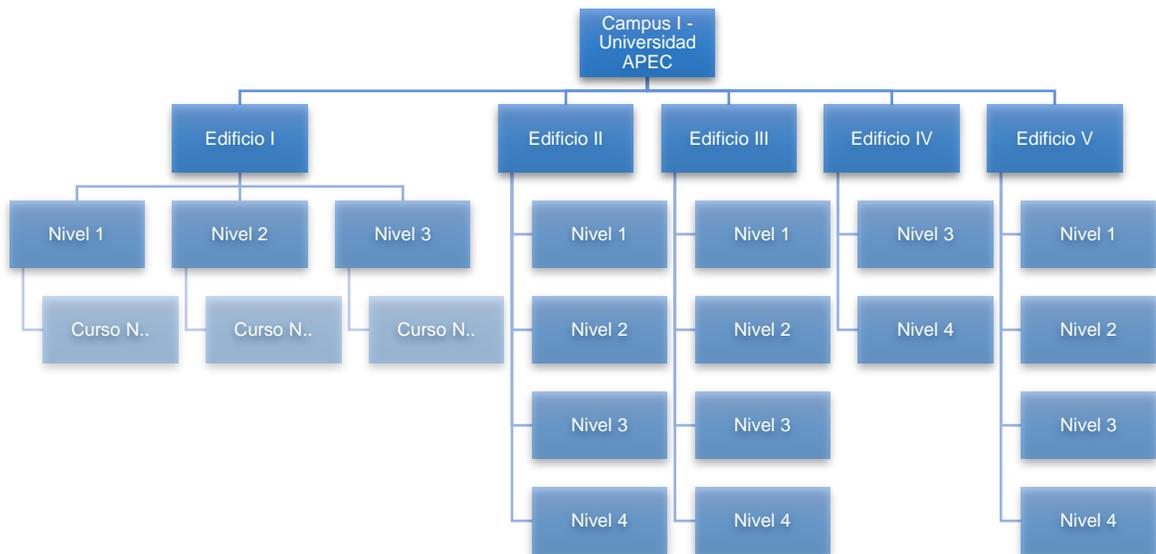
**ARTÍCULO TREINTA Y SIETE:** La Universidad eliminará la selección de asignaturas de los o de las estudiantes que no hayan realizado los pagos correspondientes en las fechas establecidas.

---

# ANEXO C: MODELADO DE INFRAESTRUCTURA DEL CAMPUS I DE UNAPEC

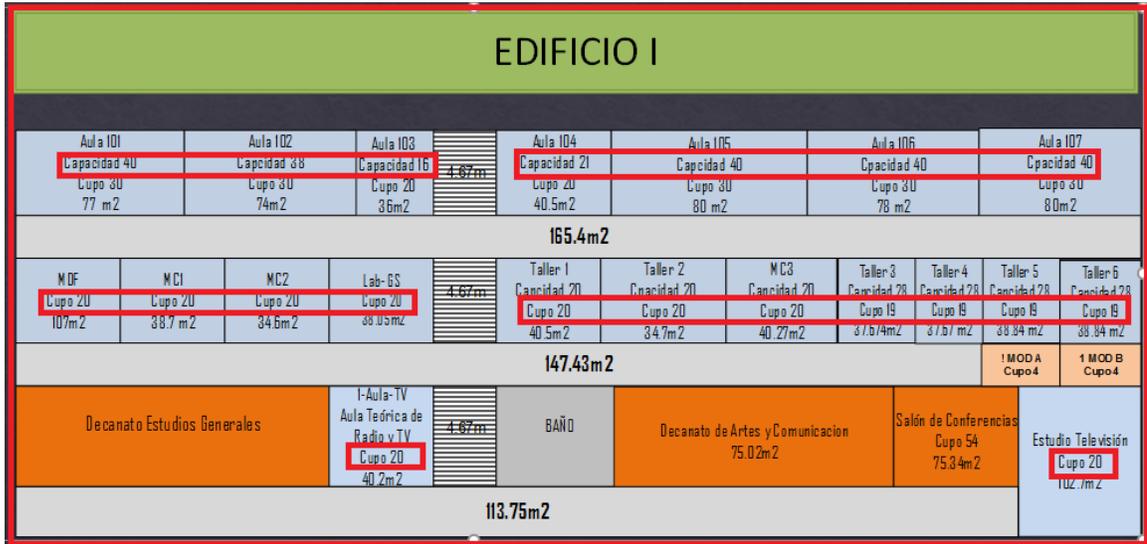
---

## Modelado lógico

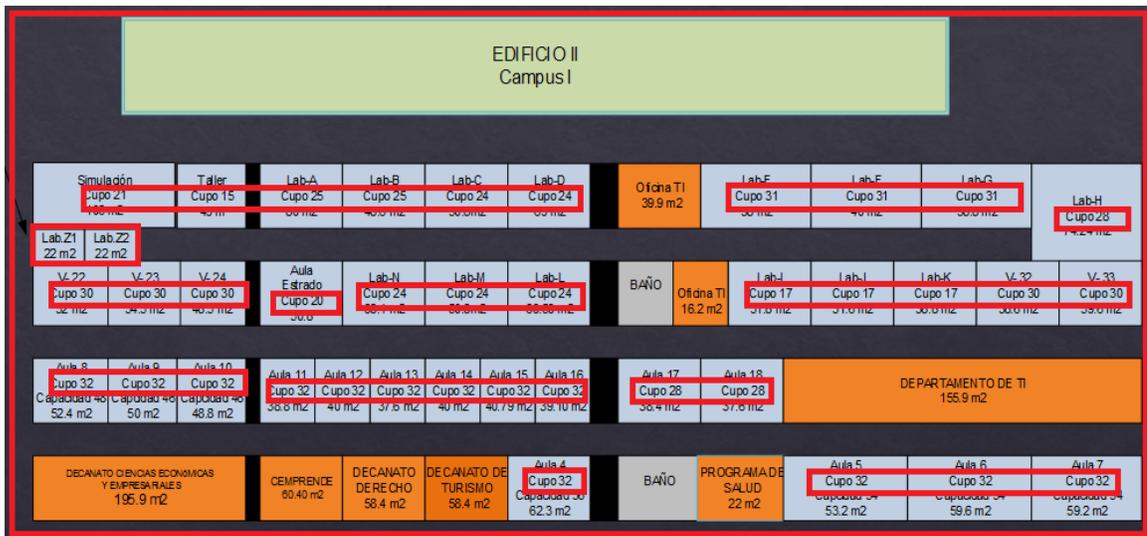


Modelado geográfico edificio

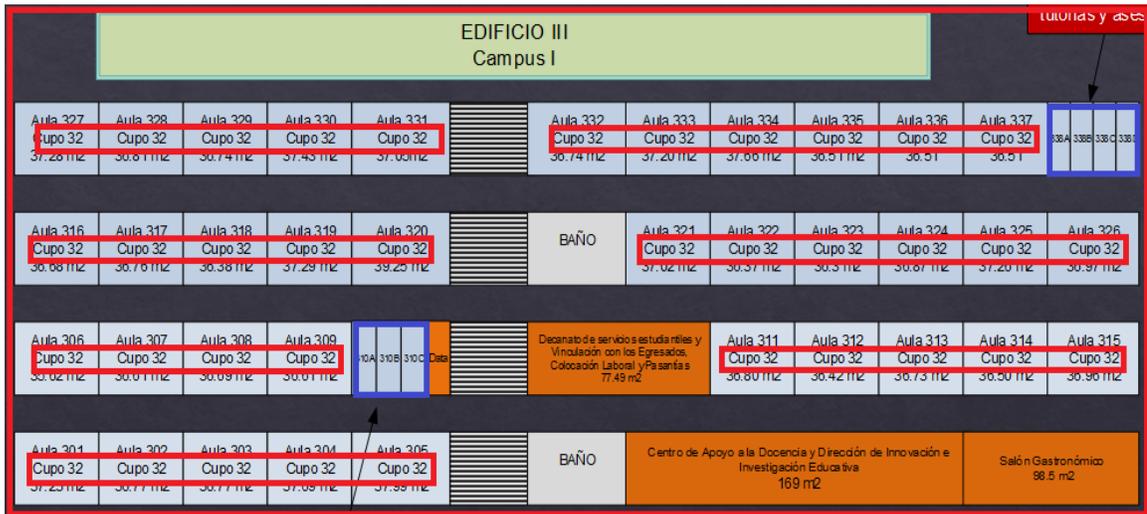
Edificio I compuesto por 3 niveles.



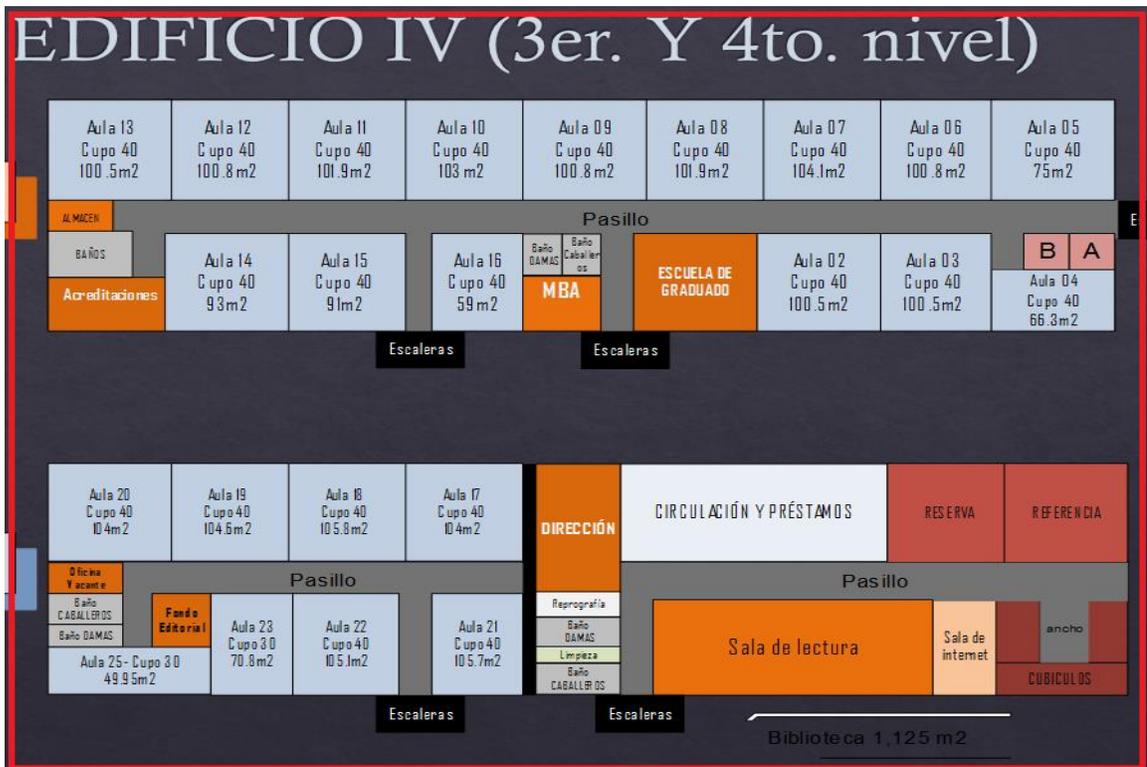
Edificio II compuesto por cuatro niveles.



Edificio III compuesto por 11 niveles.



Edificio IV, donde los cursos están localizados en el 4 y parte del 3 nivel. Este edificio tiene dimensiones menores a los edificios I, II, III.

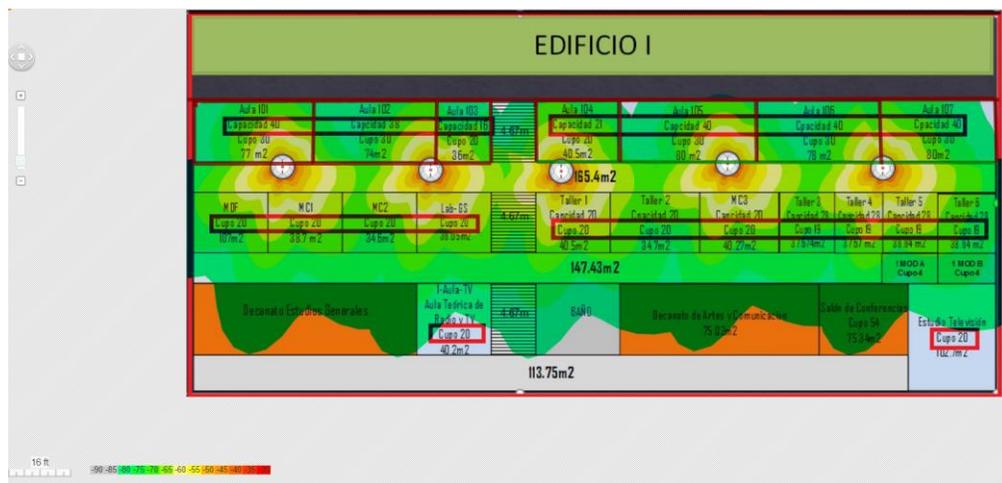


Edificio V compuesto por 4 niveles.

EDIFICIO V Campus I													
Video Conferencia 133.4 m <sup>2</sup>	Aula 29 Cupo 32 37.5 m <sup>2</sup>	Aula 30 Cupo 32 37.0 m <sup>2</sup>	Aula 31 Cupo 32 36.2 m <sup>2</sup>	Aula 32 Cupo 32 36.8 m <sup>2</sup>	Aula 33 Cupo 32 37.8 m <sup>2</sup>	4.5m	Aula 34 Cupo 32 36.0 m <sup>2</sup>	Aula 35 Cupo 32 38.0 m <sup>2</sup>	Aula 36 Cupo 32 36.2 m <sup>2</sup>	Aula 37 Cupo 32 36.0 m <sup>2</sup>	Aula 38 Cupo 32 35.9 m <sup>2</sup>	Aula 40 Cupo 32 36.0 m <sup>2</sup>	
Pasillo 66.17mlargoy 2.00m de ancho													
Escuela de Idiomas 133.4 m <sup>2</sup>	Video Room 1 Idiomas 37.5 m <sup>2</sup>	Video Room 2 Idiomas 37.0 m <sup>2</sup>	Salón Profesores Idiomas 74.73 m <sup>2</sup>	Interactive Room 37.8 m <sup>2</sup>	4.5m	BAÑO	Aula 23 Cupo 35 38.0 m <sup>2</sup>	Aula 24 Cupo 35 36.0 m <sup>2</sup>	Aula 25 Cupo 35 36.0 m <sup>2</sup>	Aula 26 Cupo 35 35.9 m <sup>2</sup>	Aula 27 Cupo 35 35.9 m <sup>2</sup>	Aula 28 Cupo 35 35.5 m <sup>2</sup>	
Pasillo 66.17mlargoy 2.00m de ancho													
Decanato de Ingeniería e Informática 133.4 m <sup>2</sup>	Aula 7 Cupo 32 37.5 m <sup>2</sup>	Aula 8 Cupo 32 37.0 m <sup>2</sup>	Aula 9 Cupo 32 36.2 m <sup>2</sup>	Aula 10 Cupo 32 36.8 m <sup>2</sup>	Aula 11 Cupo 32 37.8 m <sup>2</sup>	4.5m	Educación Continuada 37.3 m <sup>2</sup>	Aula 12 Cupo 32 36.0 m <sup>2</sup>	Aula 13 Cupo 32 36.0 m <sup>2</sup>	Aula 14 Cupo 32 36.0 m <sup>2</sup>	Aula 15 Cupo 32 35.9 m <sup>2</sup>	Aula 16 Cupo 32 35.5 m <sup>2</sup>	Aula 17 Cupo 32 36.9 m <sup>2</sup>
Pasillo 66.17mlargoy 2.00m de ancho													
Bienestar Universitario 133.4 m <sup>2</sup>	Aula 1 Cupo 32 37.5 m <sup>2</sup>	Aula 2 Cupo 32 37.0 m <sup>2</sup>	Aula 3 Cupo 32 36.2 m <sup>2</sup>	Aula 4 Cupo 32 36.8 m <sup>2</sup>	Aula 5 Cupo 32 37.8 m <sup>2</sup>	4.5m	BAÑO	Aula 6 Cupo 32 38.0 m <sup>2</sup>	Comedor Empleados 40.0 m <sup>2</sup>	Salón Multuso			

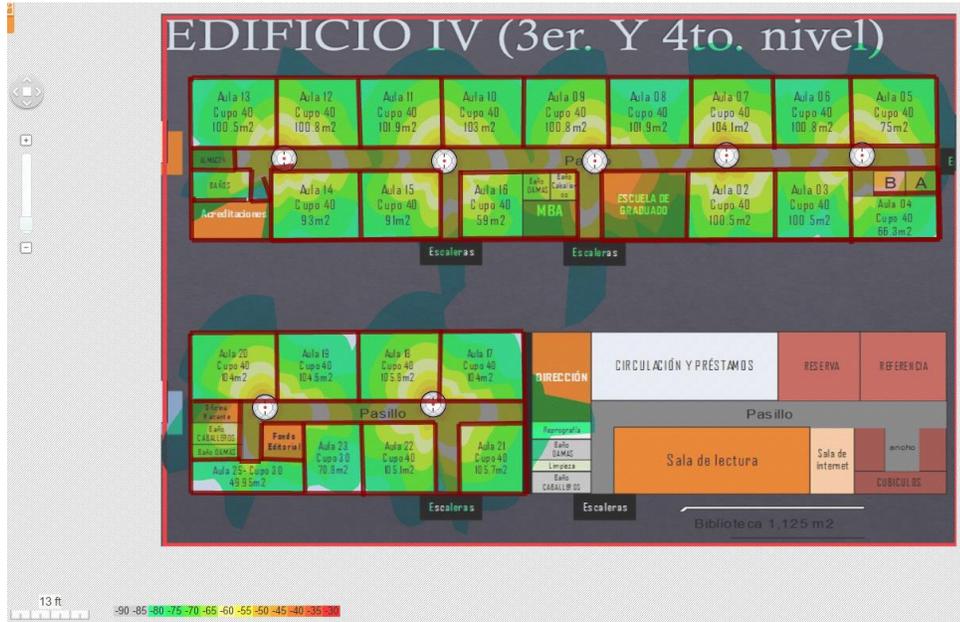
# ANEXO D: POSICIONAMIENTO DE APS EN EDIFICIO

El posicionamiento de los APs en el edificio en los diferentes niveles corresponde a colocarlo en el pasillo. En el caso del primer nivel podemos ubicar dos APs.



Tomando en consideración que los edificios I, II y III tienen casi la misma dimensiones y similitudes en la infraestructura. Por tanto, solo diferirá en la cantidad en el primer nivel.

En el edificio IV, los cursos están dispuestos a ambos lados del pasillo, En el caso del 4to Nivel se requerirán 5 APs y en el 3ro se necesitaran 2 APs.



El edificio V requerirá de 4 por nivel exceptuando el primero que solo serán 3 APs. Esto a las dimensiones del edificio.

