

Diseño de una red de Telemedicina

Design of a telemedicine network

RAMÍREZ-VÁZQUEZ, Juan†*, VÁZQUEZ-ELORZA, Fortino y MORENO-PÉREZ, Héctor

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Pánuco

ID 1^{er} Autor: *Juan Carlos, Ramírez-Vázquez* / **ORC ID:** 0000-0003-0125-6502, **Researcher ID Thomson G-5980-2018, CVU CONACYT ID:** 428853

ID 1^{er} Coautor: *Fortino, Vázquez-Elorza* / **ORC ID:** 0000-0002-6388-5972, **CVU CONACYT ID:** 179281

ID 2^{do} Coautor: *Héctor, Moreno-Pérez* / **ORC ID:** 0000-0001-7488-461XX, **CVU CONACYT ID:** 913114

J. Ramírez, F. Vázquez y H. Moreno

carlos.ramirez@itspanuco.edu.mx

V. Luna, (Dir.). Ingeniería, Proceedings-©ECORFAN-México, CDMX, 2019.

Abstract

The design of the telemedicine network consists basically of two main activities, the development of software to establish communication between specialists and patients and the design of a telecommunication model between the Health Center at Panuco, in the State of Veracruz, and the various health centers in rural areas. The telemedicine system will make it possible to decentralize medical services, avoiding saturation and improving the quality of service to local users, reducing inequalities by broadening geographical boundaries for specialized care and thereby increasing access to health services, with better use and use of human resources. For patients, it will make it possible to carry out diagnostics, early detection, preventive and timely treatments, comprehensive and continuous care, avoid transfers to consult the specialist doctor, reducing distance, time and costs. The design of the pilot network will focus on the Municipality of Panuco, Veracruz, located north of the State of Veracruz, Mexico. A large part of its population lives in hard-to-reach areas characterized by deficiencies in technological infrastructure, transport and public services, among others.

Telemedicine, Chronic degenerative diseases, Radiofrequency

Introducción

La Telemedicina es la prestación de servicios de medicina a distancia (Arenas Rosas, 2015). Se remonta a los años 20, ofreciendo asesoría médica desde los hospitales hacia los buques mercantiles. En los años 50 la telemedicina se utilizó con circuitos cerrados de televisión en los congresos de medicina. Durante los 60 la NASA desarrolló un sistema de asistencia médica que incluía el diagnóstico y el tratamiento de urgencias médicas durante las misiones espaciales.

En 1965 se realizó una demostración de operación de corazón abierto con la ayuda de un sistema de telemedicina entre un Hospital de Estados Unidos y el de Suiza, la transmisión fue a través del primer satélite de interconexión continental. La telemedicina se ha mantenido a la fecha de manera más eficiente con el uso de las nuevas tecnologías de telecomunicaciones y de información (Poliszuk, 2006).

La utilidad de la telemedicina es significativa en países en vías de desarrollo, donde la mayor parte de la población vive en zonas rurales o de difícil acceso, en las cuales la atención sanitaria suele ser muy deficiente debido a la falta de medios materiales, la insuficiente calificación del personal médico, el deficiente sistema de transporte y la falta de comunicación entre los centros médicos de las zonas alejadas y el resto de la red de salud. Todo esto conlleva series dificultades al momento de prevenir enfermedades, realizar diagnósticos y aplicar tratamientos adecuados en las emergencias médicas (Zambrano A., 2007).

La atención médica ha ido evolucionando con el cursar de los años, pasando de una asistencia, enfocada en la enfermedad, a una atención dirigida al paciente. En la actualidad, las Tecnologías de la Información y la Comunicación se han combinado para dar como resultado la Telemedicina, a fin de brindar asistencia médica a quien la requiera en sitios distantes (Gómez, 2006). Sin embargo, el sistema público de salud mexicano enfrenta diversos retos tecnológicos, institucionales, regulativos, organizacionales, culturales y financieros para responder a los cambios demográficos y epidemiológicos actuales (Sampedro Hernández, 2010).

La salud y la tecnología en la comunicación permiten tratamientos más efectivos en diagnósticos en las enfermedades, en área de salud se hace referencia en la integración de los modelos de atención como la prevención, curación y rehabilitación para le telemedicina más que nada es una herramienta para la planeación y optimización (Gómez, 2006). La Telemedicina es utilizada con eficacia para las enfermedades crónicas permitiendo, atención oportuna, evitando traslados, disminuyendo tiempo y gastos, beneficios no solo en dimensiones clínicas, sino también mejorando aspectos organizativos en gestión al cambio de la cronicidad (Arenas Rosas, 2015).

En México, la salud es un derecho constitucional, sin embargo el estado de Veracruz ha tenido limitaciones considerables para el cumplimiento, derivado de la pobreza y la marginación.

No obstante, grandes desafíos requieren también grandes soluciones, que deben ser diseñadas con una visión de corto, mediano y largo plazo, con resultados que inicien por resolver las carencias apremiantes y más sentidas por la población en materia de salud y que permitan construir los cimientos de un nuevo modelo de salud estatal. Esto es la intención del trabajo que se presenta en este documento.

Marco tecnológico

El medio de transmisión es el camino físico entre el transmisor y el receptor. Cualquier medio físico que pueda transportar información en forma de señales electromagnéticas se puede utilizar en las redes de datos como un medio de transmisión. El medio físico puede condicionar la distancia, velocidad de transferencia, topología y el método de acceso (Fernández Barcel, 2009). Los medios de transmisión pueden ser físicos (cables), en donde emplean el par trenzado, cable coaxial y fibra óptica. En los medios no guiados (inalámbricos), la propagación de la señal puede hacerse a través del aire, mar o espacio, utilizando transmisión de datos vía radio, microonda, láser o infrarrojos.

La opción inalámbrica es una solución cuando el costo de realizar una infraestructura a través de cable no es muy accesible. En medios no guiados, tanto la transmisión como la recepción se llevan a cabo mediante antenas. En la transmisión y en la recepción la antena radia ondas electromagnéticas normalmente por el aire y la recepción las capta. Al moverse los electrones se crean ondas electromagnéticas. La cantidad de oscilaciones de una onda electromagnética es su frecuencia y se mide en Hz (hercios). La distancia entre dos máximos o mínimos consecutivos es conocida como longitud de onda y se representa por la letra griega lambda λ .

La tecnología a utilizar en el presente estudio es la radiofrecuencia, que es un método de almacenamiento y recuperación remota de datos RFID, el cual se basa en un concepto similar al del sistema de código de barras y emplea señales de radiofrecuencia (en diferentes bandas dependiendo del tipo de sistema, típicamente 125 KHz, 13,56 MHz, 433-860-960 MHz y 2,45 GHz). La radiofrecuencia utiliza ondas de radio, la cual es una tecnología altamente probada, con un ancho de banda alto, con canales de video, canales full dúplex, distancias media de varios kilómetros, inmunidad electromagnética y seguridad alta, tal como se observa en la tabla 8.1.

Tabla 8.1 Medios de transmisión guiados y no guiados

	Par Trenzado	Cable Coaxial	Fibra óptica	Microondas por satélite	Microondas terrestres	Ondas de Radio
Tecnología ampliamente probada	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Ancho de banda	Medio	Alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto
Canales video	No	Si	Si	Si	Si	Si
Canales Full dúplex	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Distancias medias	100 m 67 Mhz	500 m Ethernet	2 Km (Multi) 100 Km (mono)	Varios Km	Varios Km	Varios Km
Inmunidad electromagnética	Media	Media	Alta	Alta	Alta	Alta
Seguridad	Baja	Media	Alta	Alta	Alta	Alta

Fuente: Sanguña Guevara (2010)

Los sistemas de radio en las señales de radiofrecuencia constan de dos componentes: de un transmisor y de un receptor. El primero genera oscilaciones eléctricas con una frecuencia determinada denominada frecuencia portadora que se irradian en la antena en forma de ondas electromagnéticas; la irradiación llamada onda portadora, que en combinación con la información a transmitir, onda moduladora, constituyen el conjunto de la transmisión que viaja por el espacio hasta ser detectada por el receptor (Cairone, 2002).

El término radiofrecuencia, también denominado espectro de radiofrecuencia o RF, se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada ente unos 3 KHz y unos 300 GHz. Las ondas electromagnéticas de esta región del espectro, se pueden transmitir aplicando la corriente alterna originada en un generador a una antena.

Dentro de las características de la radiofrecuencia tenemos: Facilidad con la cual puede ionizar el aire para crear una trayectoria conductora a través del aire, una fuerza electromagnética que conduce la corriente del RF a la superficie de conductores, conocida como efecto de piel y la capacidad de aparecer a través de las trayectorias que contienen el material aislador, como dieléctrico aislador de un condensador.

Marco social

El Índice de Desarrollo Humano (IDH) es un indicador del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo sobre los logros obtenidos por los países en relación con las dimensiones fundamentales del desarrollo humano: una vida larga y saludable, la adquisición de conocimientos y disfrutar de un nivel de vida digno. Su valor máximo es el uno, el estado ideal de desarrollo humano (ONU, 2018).

El estado de Veracruz contaba con un IDH tan bajo como el de países como Libia, Jordania o Irán, naciones en guerra o con gobiernos totalitaristas (Toledo, 2018). Aunque en 2018, México formaba parte de las quince economías más grandes del mundo, el estado de Veracruz contaba con .713 puntos de IDH por lo cual ocupaba el cuarto lugar con peores condiciones en el país, solo superado por Guerrero (.679), Oaxaca (.655) y Chiapas (.644) (Toledo, 2018). El municipio de Pánuco, situado en el norte de Veracruz, tiene 593 localidades con una población total de 97,290, de acuerdo con la tabla 8.2. Así también, en la tabla 8.3, se pueden observar los centros de salud del municipio de Pánuco, Veracruz.

Tabla 8.2. Localidades del municipio de Pánuco, Veracruz

Clave de localidad	Nombre de la localidad	Población total	Grado de marginación	Ámbito
301230001	Pánuco	40754	Bajo	Urbano
301230029	Moralillo	10191	Bajo	Urbano
301230014	Tamos	3883	Medio	Urbano
301230904	Guayalejo	2723	Alto	Urbano
301230022	Villa Cacalilao Dos	2180	Bajo	Rural
301230251	Antonio J. Bermúdez	1516	Bajo	Rural
301230062	Aquiles Serdán	1442	Alto	Rural
301230041	El Molino	1186	Alto	Rural
301230096	Colonia Piloto	992	Medio	Rural
301230031	Paso Real (Buenavista)	945	Bajo	Rural
301230276	Confederación Nacional Campesina (Canoas)	921	Bajo	Rural
301230089	Vega de Otates	858	Medio	Rural
301230075	Nuevo Chicayán	765	Alto	Rural
301230011	Reventadero	736	Alto	Rural
301230009	Nuevo Michoacán (La Michoacana)	723	Medio	Rural

Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010

Tabla 8.3 Centros de Salud del Municipio de Pánuco, Veracruz

Localidad	Dirección
Pánuco	Hospital General Pánuco "Dr. Manuel Ávila"
Pánuco	Pánuco Col. Revolución Mexicana
Jopoy	C.S. Jopoy
Estación Méndez	Estación Méndez
Nuevo Michoacán (La Michoacana)	Nuevo Michoacán (La Michoacana)
Tamos	Tamos
Calentadores	Calentadores
Moralillo	C.S. El Moralillo
Oviedo	Oviedo
Ex-Hacienda Chintón (La Quina)	Ex-Hacienda Chintón (La Quina)
Vega de Otates	Vega de Otates
Colonia Piloto	Colonia Piloto
Úrsulo Galván	Úrsulo Galván
Antonio J. Bermúdez	Antonio J. Bermúdez
Aquiles Serdán	Aquiles Serdán

Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010

A nivel de salud, el municipio de Pánuco, solo cuentan con un hospital general, el cual presta servicio a las poblaciones menos favorecidas mediante el programa de medicina comunitaria y 14 centros de salud ubicados en las diversas comunidades. Las condiciones de funcionamiento de estos centros de salud de pequeña capacidad son limitadas, ya que tienen poco personal médico especializado.

La mayoría de los centros de salud no cuenta con ninguna infraestructura tecnológica que les permita mantener un contacto directo con el resto de la red de salud a fin de llevar controles de funcionamiento, desarrollar logísticas en casos de emergencias, realizar interconsultas, etc.

Por cuestiones de distancia y relevancia en población atendida, se seleccionaron para el presente estudio las comunidades de A. J. Bermúdez y Vega de Otates.

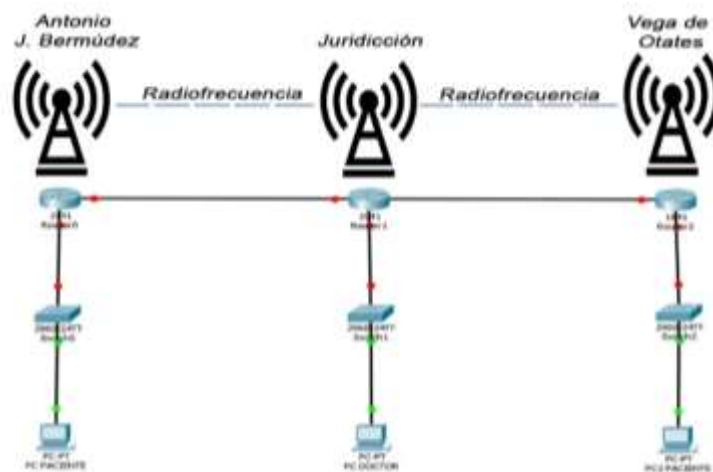
Desarrollo

En la figura 8.1, se puede observar un esquema de la red propuesta, para conectar los centros de salud de las comunidades. La red está planteada para llevar a cabo interconsultas entre los especialistas del Hospital General de Pánuco y los médicos o personas encargadas en las comunidades.

Para el diseño de la red se consideraron los elementos que tuvieran costos accesibles y funcionales y que permitieran llevar a cabo el proyecto. Inclusive, se consideró que para su instalación colaboraran los profesores del Instituto Tecnológico Superior de Pánuco (ITSP) involucrados con este proyecto así como otros profesores y estudiantes. Lo anterior como parte de sus prácticas en las asignaturas respectivas, además del servicio de apoyo a las comunidades.

La relación con las diversas autoridades del municipio y de las localidades permitió el desarrollo del trabajo, incluso con la participación también de otras personas de las comunidades y de los centros de salud. Los beneficios para ambas partes eran evidentes por lo que se procedió con el mismo.

Figura 8.1 Diseño de la Red de telemedicina del municipio de Pánuco



Fuente: Elaboración propia

La tabla 8.4 muestra la selección de equipos tecnológicos utilizados para integrar la red de Telemedicina. En la figura 8.2, se presentan algunas imágenes que muestran el trabajo de los profesores del ITSP para conectar las antenas de comunicación.

Figura 8.2 Profesores del ITSP instalando antenas de comunicación

Fuente: Elaboración propias

Tabla 8.4 Equipo tecnológico utilizado en la red de Telemedicina

<p>Antenas ubiquiti litebeam M5 direccional 450mbps lbe-m5-23 Marca Ubiquiti Networks Modelo LiteBeam M5 Tipo de antena Direccional Velocidad máxima de transmisión 5 MB Frecuencia 5.875 Hz</p>	
<p>Mástil telescópico de 15 m (49.2 ft) compuesto por 5 seccion Marca Syscom Modelo SLM-15</p>	
<p>Antenas ubiquiti powerbeam m2400 m2 Powebeam18dbi Pbem2400. Marca Ubiquiti Networks Modelo PBE-M2-400 Tipo de antena Omnidireccional Velocidad máxima de transmisión 150 MB Frecuencia 2 GHz</p>	
<p>Switch administrable de 24 puertos 10/100/1000t + 2 puerto Marca TP-Link Modelo GS-4210-24T2S Cantidad de puertos RJ-45 24 Cantidad de puertos SFP 2</p>	
<p>Bote con 100 piezas de plug modular rj45 cat6 sin bl Modelo LP-6P</p>	
<p>Impresora multifuncional Epson 13110 ecotank tinta continua</p>	
<p>Tester red usb coaxial para cable rj45 rj11 bnc marca: importado Modelo: CBRACCCACT015 Conector de entrada: RJ-45 Conector de salida: RJ45</p>	
<p>Regulador sola basic dn21132 1300va 8 contactos dn-21-132 Línea: No Breaks y Reguladores Potencia pico: 1300VA Voltaje de salida: 120V Rango de voltaje de entrada: 100-127 V Tipo de producto: Regulador de voltaje</p>	

Bobina de cable de 305 metros cat6+, calibre 23 alto rendimiento Marca: Linkedpro Modelo: PRO-CAT-6-PLUS	
Computadora de escritorio Marca: Armada Procesador: Intel Celeron Disco duro: 1 TB RAM: 8 GB Sistema operativo: Windows 10 (Prueba) Tamaño de la pantalla: 19.5 "	
Cámara web logitech c920 webcam full hd 15 megapíxeles 1080p Marca: Logitech Línea: HD Pro Modelo alfanumérico: V-U0028 Resolución de video:1080 Resolución de imagen: 15 Mpx Interfaces: USB 2.0	

Fuente: Elaboración propia a partir de diversas publicaciones de proveedores

Conclusiones

El estudio realizado de las condiciones de infraestructura tecnológica de los centros de salud de las comunidades, llevó al equipo que desarrolló el proyecto a la conclusión que la tecnología más económica y rápida para incorporarlo a la red de salud es la presentada, en la tecnología de radiofrecuencia.

El éxito de la implementación de la telemedicina en las zonas rurales, está íntimamente relacionado con la selección de adecuada de la tecnología a utilizar, considerando los recursos tecnológicos con los que cuenta.

Actualmente el proyecto se encuentra en la fase de levantamiento de la información concerniente a los materiales, equipos y personal con que cuentan cada uno de los ambulatorios involucrados en la red. Lo interesante de este estudio es que el resto de los ambulatorios que conforman la red tienen una ubicación geográfica diferente por lo que se debe determinar un diseño único para cada caso.

Se espera que el modelo de la red permita replicarlo en otras zonas rurales o de difícil acceso.

Referencias

- Arenas Rosas, J. (2015). Atención Integrada de las Enfermedades Crónicas. *3rd World Congress on Integrated Care*, 19-21.
- Cairone, D. J. (2002). Telecomunicaciones. *Transmisión de información por radiación*.
- Fernández Barcel, M. (2009). *Redes de Datos*. Andalucía: Facultad de Ciencias Sociales y de la Comunicación.
- Gómez, A. (2006). Aplicación de telecomunicaciones en salud. *Telemedicina*.
- ONU. (15 de Nov de 2018). Índices e indicadores de desarrollo humano (Actualización Estadística 2018). Nueva York.
- Polizuk, A. G. (2006). Aplicaciones de telecomunicaciones en salud en la subregion andina. *Organización Panamericana de la Salud OPS/OMS*, 05-13.
- Sampedro Hernández, J. (2010). Aprendizaje e innovación: El caso de la telemedicina en México. *Departamento de Estudios Institucionales*.

Sanguña Guevara, F. (2010). *Estudio técnico de la red de Telecomunicaciones para brindar los servicios de voz, internet y video por demanda de una urbanización*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Toledo, A. (15 de Junio de 2018). *Vive Veracruz en subdesarrollo*. Veracruz, México.

Zambrano A., H. M. (2007). *Diseño de una red de telemedicina para zonas urbanas de difícil acceso: caso Baruta - El Hatillo*. *IV Latin American Congress on Biomedical Engineering 2007, Bioengineering*, 966-970.