GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA Y PARA LAS ADMINISTRACIONES TERRITORIALES

CCN-CERT centro criptológico nacional

Buenas Prácticas
CCN-CERT BP-05/16

Internet de las Cosas

Junio de 2017

CENTRO CRIPTOLOGICO NACIONAL
2.5.4.13=Qualified Certificate: AAPP-SEP-M-SW-KPSC,
ou=sello electrónico, serialNumber=S2800155J,
o=CENTRO CRIPTOLOGICO NACIONAL, cn=CENTRO
CRIPTOLOGICO NACIONAL, c=ES
2017.06.29 01:24:55 +02'00'

LIMITACIÓN DE RESPONSABILIDAD

El presente documento se proporciona de acuerdo con los términos en él recogidos, rechazando expresamente cualquier tipo de garantía implícita que se pueda encontrar relacionada. En ningún caso, el Centro Criptológico Nacional puede ser considerado responsable del daño directo, indirecto, fortuito o extraordinario derivado de la utilización de la información y software que se indican, incluso cuando se advierta de tal posibilidad.

AVISO LEGAL

ÍNDICE

1. SOBRE CCN-CERT

El CCN-CERT (www.ccn-cert.cni.es) es la Capacidad de Respuesta a Incidentes de Seguridad de la Información del Centro Criptológico Nacional, CCN (www.ccn.cni.es). Este servicio se creó en el año 2006 como el **CERT Gubernamental/Nacional** español y sus funciones quedan recogidas en la Ley 11/2002 reguladora del Centro Nacional de Inteligencia, el RD 421/2004 regulador del CCN y en el RD 3/2010, de 8 de enero, regulador del Esquema Nacional de Seguridad (ENS), modificado por el RD 951/2015, de 23 de octubre.

De acuerdo a todas ellas, es competencia del CCN-CERT la gestión de ciberincidentes que afecten a **sistemas del Sector Público**, a **empresas y organizaciones de interés estratégico** para el país y a cualquier sistema clasificado. Su misión, por tanto, es contribuir a la mejora de la ciberseguridad española, siendo el centro de alerta y respuesta nacional que coopere y ayude a responder de forma rápida y eficiente a los ciberataques y a afrontar de forma activa las ciberamenazas.

2. INTRODUCCIÓN

El término "Internet de las Cosas" (*Internet of Things*) se encuentra en plena evolución. En esencia, actualmente se refiere a redes de objetos físicos: artefactos, vehículos, edificios, electrodomésticos, atuendos, implantes, software... en definitiva, sensores que disponen de conectividad en red que les permite recolectar información de todo tipo.

Un informe de la Comisión Europea ya estimaba que para 2020 en la Unión Europea habrían cerca de 200 millones de contadores de electricidad y 45 millones de contadores de gas, todos ellos inteligentes. No es difícil imaginar como esa ingente cantidad de objetos representa una enorme superficie de exposición social e industrial antes nunca vista.

Mientras que los medios y los expertos en seguridad están constantemente advirtiendo sobre el riesgo de ataques cibernéticos, rara vez se mencionan los riesgos asociados a la Internet de las Cosas.

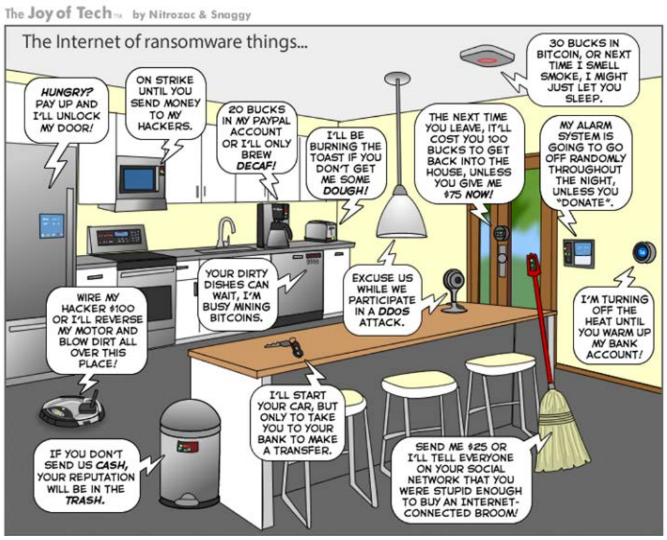
La seguridad de la IoT todavía no está en el punto de mira, incluso para las empresas que tienen mucho que perder si se produce una brecha de seguridad. En una reciente encuesta llevada a cabo en los Estados Unidos por la consultora Altman Vilandrie & Company, casi la mitad (48%) de las empresas de este país que utilizan una red de Internet de Cosas (IoT) han experimentado, al menos, un problema de seguridad en estos dispositivos.

Internet ha pasado por cuatro (4) fases distintas en los últimos 25 años (fases académica, comercial, transaccional y social), y ha mantenido una implantación y mejora estable durante muchos años, pero, sin embargo, no se puede decir que haya

cambiado mucho desde el punto de vista de su arquitectura. De hecho, es esencialmente la misma entidad que se diseñó en la era ARPANET[1].

En este contexto, IoT es la primera evolución real de Internet, un salto que podría llevar a modificar de forma muy significativa la forma en la que vivimos, aprendemos, trabajamos y nos entretenemos o relacionamos socialmente. Lo más transcendente de la IoT es que le da sensores y sensibilidad a Internet, permitiendo que, de forma autónoma, exista una realidad más allá de ella misma, el mundo físico, y a nosotros y lo nuestro dentro de él.

Cuando se habla de la IoT, se hace referencia a todos aquellos dispositivos u objetos cotidianos adaptados, que se encuentran conectados entre sí o a Internet. La IoT es un concepto relativamente nuevo y por este motivo, el ámbito de la ciberseguridad no está todavía preparado para hacer frente a todas las amenazas que representa, que ya han surgido y sin duda surgirán en un futuro cercano.



Una de las mayores ventajas reconocidas a estos dispositivos es su conexión a Internet, pero esa capacidad también es una de sus mayores debilidades, ya que esa conectividad puede amenazar la seguridad de todo el sistema al incrementar notablemente su superficie de exposición a ciberataques.

Por ejemplo, si no hubiese control de acceso en el dispositivo o hubiese algún fallo en el mismo, un atacante podría acceder de forma remota al mismo y alterar su configuración e incluso toda su funcionalidad. Ese acceso podría darse en cualquier momento y desde cualquier lugar, por lo que no se podría confiar en la integridad y funcionalidad del dispositivo IoT que originalmente se instaló y utiliza a diario de forma habitual.

La creciente superficie de ataque está dominada por puntos de control no tradicionales, que van desde algo tan inocuo como un juguete conectado a Internet hasta algo tan crítico como los sensores conectados que controlan la producción de energía en una planta nuclear.

2.1 Tendencias en la internet de las cosas

Una **conectividad sin precedentes** constituye lo mejor de la Internet de las cosas y a la vez lo peor ya que crea tanto grandes oportunidades como riesgos considerables. En un entorno que se extiende desde sensores hasta aplicaciones y servicios en la nube,

[1] Ver https://en.wikipedia.org/wiki/ARPANET

un ecosistema de IoT de extremo a extremo es esencial para aprovechar las oportunidades sin arriesgar la seguridad, la capacidad de gestión y la interoperabilidad.

Las **aplicaciones potenciales** de la Internet de las cosas cubren un amplio espectro de industrias multimillonarias que van desde la seguridad y la salud, hasta el estilo de vida y el juego.

Así, Microsoft está desarrollando encimeras de cocina que pueden reconocer los alimentos y mostrar recetas que los incluyan. Hay colchones inteligentes que monitorizan los patrones de sueño del usuario mediante la medición de su respiración y ritmo cardíaco. Ahora hay disponibles un gran número de cerraduras inteligentes que se abren cuando se camina hacia la puerta y que pueden ser programadas de forma remota para dejar entrar eventualmente a amigos o invitados.

Hay un cierto entusiasmo comedido sobre el potencial de una "vida cotidiana asistida", que es especialmente importante para ancianos o dependientes. Hay varios proyectos en marcha que incluyen grandes despliegues de IoT para una mejor gestión de ciudades y sistemas.

Un ejemplo de ello es Songdo[2], en Corea del Sur, que es el primer ejemplo de **Smart City** completamente equipada. Prácticamente todo en esa ciudad está cableado, conectado y convertido en una fuente continua de datos que podrán ser monitorizados y analizados por multitud de ordenadores y todo ello con escasa o nula intervención humana.

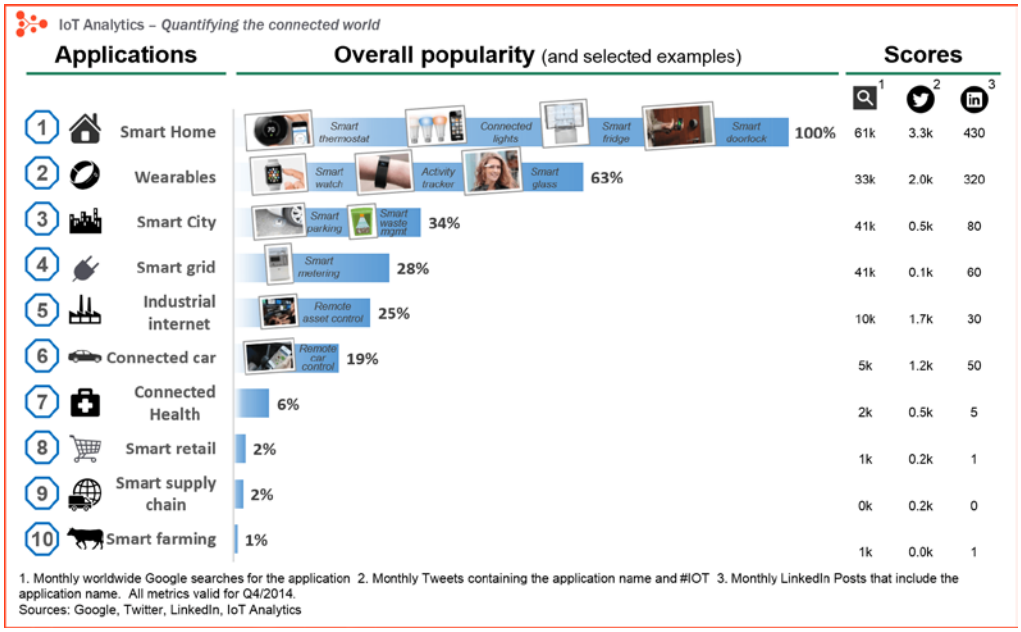
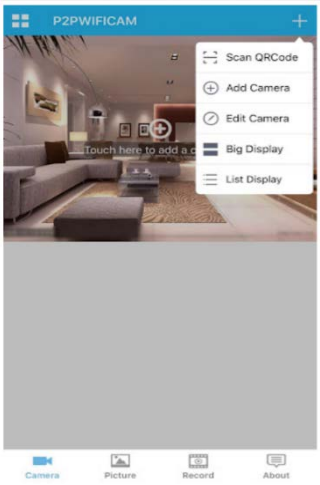


Figura 1.- Popularidad de dispositivos IoT.

Otro aspecto a tener en cuenta son los rápidos **ciclos de actualización y obsolescencia** que son habituales en el mundo de las tecnologías de la información. Si

[2] Ver http://www.bbc.com/news/technology-23757738

se pretende integrar estas tecnologías con la edificación y la arquitectura, podríamos terminar teniendo edificios, casas y fábricas plagadas de elementos completamente obsoletos, sin soporte y sin mantenimiento posible.



Con la IoT nuestras casas se hacen más "*hackeables*" según aumenta el número de dispositivos conectados. Las pesadillas de los expertos en ciberseguridad son ejércitos de "*botnets*" utilizando las tostadoras inteligentes para desarrollar ataques de denegación de servicio distribuido (DDoS) o para esconder código y ejecutables lejos de la vista de los investigadores.

Con la Internet de las cosas, la casa y demás entornos inteligentes se convierten en una extensión de nuestro trabajo. Al igual que un dispositivo "*wearable*" cuenta nuestros pasos, nuestro ritmo cardiaco, nuestra respiración, de la misma manera nuestros hogares monitorizarán y medirán todo lo demás.

Las preocupaciones más obvias tienen que ver con la **privacidad**. La recolección masiva de nuestros datos y metadatos puede que sea lo mismo que instalar cámaras de vigilancia, pero es una forma de vigilancia digital incluso más peligrosa para nuestra intimidad y libertad que la mera observación visual.

En el futuro, la Internet de las cosas puede ser una enorme red abierta en la que entidades y objetos virtuales (avatares) interactuarán entre sí de forma independiente según el contexto, las circunstancias y el entorno.

Las empresas necesitarán adaptar sus prácticas de gestión de riesgos y ampliar el alcance de las evaluaciones de riesgo para incluir todos los dispositivos conectados. En este contexto, uno de los desafíos principales para las organizaciones será cómo almacenar, rastrear, analizar y dar sentido a la gran cantidad de datos generados al incluir la IoT en el proceso de evaluación de riesgos.

2.2 Relaciones con la nube

Actualmente, muchos de estos dispositivos domésticos utilizan servicios de respaldo ubicados en la nube para monitorizar su uso y permitir a los usuarios controlar de forma remota dichos sistemas. Gracias a ellos, los usuarios pueden acceder a los datos y controlar el dispositivo a través de una aplicación para su móvil o a través de un portal web.

Dada la importancia que van a tener los proveedores de servicios en la nube en las distintas fases del desarrollo de la IoT, es muy necesario **comprobar la seguridad de su interfaz**:

- Determinar si los valores por defecto del usuario y de la contraseña pueden ser cambiados durante el proceso de instalación inicial del producto.

- Determinar si cualquier cuenta se bloquea después de varios fallos de acceso[3].
- Determinar si se pueden identificar cuentas válidas utilizando los mecanismos de recuperación de contraseñas.
- Revisar la resistencia del interfaz web frente a ataques de cross-site scripting (XSS), cross-site request forgery (CSRF), SQL injection (SQLi) y similares.
- Revisar los interfaces con la nube en busca de cualquier posible vulnerabilidad (interfaces API e interfaces web de los sistemas en la nube).

El hecho de **asegurar el interfaz** con la nube requiere:

- Cambiar la contraseña e incluso el nombre de usuario durante la instalación del producto IoT.
- Asegurar que las cuentas de los usuarios no pueden ser averiguadas utilizando funcionalidades como, por ejemplo, la de recuperación de contraseñas.
- Asegurar que se bloquea temporalmente el acceso a una cuenta después de varios fallos de acceso.
- Asegurar que las credenciales (nombre de usuarios, contraseñas, tokens de acceso, cookies, etc.) no están expuestas a Internet mientras transitan a través de ella. Hay que utilizar siempre conexiones cifradas con autenticación TLS.
- Implementar, si es posible, la autenticación mediante la verificación de dos o más factores.
- Detectar y bloquear peticiones o intentos anómalos de conseguir entrar en el sistema/dispositivo.

2.3 Infraestructuras críticas y la internet de las cosas

En los últimos años, la electrónica industrial y su informática eran cosas muy específicas y sólo presentes en sus cerrados ámbitos de actuación. Los sistemas SCADA[4] son un tipo de **Sistema de Control Industrial (ICS)**[5] al igual que lo son los denominados Sistemas de Control Distribuido (DCS)[6].

En los sistemas industriales, los datos se reciben desde estaciones remotas y estos generan reacciones que, de forma automática o con ayuda de operadores, se plasman en acciones ejecutivas que se envían a dispositivos de campo y así se controla todo el sistema. Estos artefactos son los que realmente controlan las operaciones locales (abrir o cerrar válvulas, poner freno o quitarlo, recoger datos proporcionados por sensores, monitorizar el entorno, establecer el nivel de alarma, etc.).

Las tecnologías SCADA son las que controlan los procesos industriales y todas estas instalaciones tienen como característica esencial que no pueden detenerse sin causar

[3] Por ejemplo, ver https://en.wikipedia.org/wiki/Fail2ban
[4] SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition). Ver https://en.wikipedia.org/wiki/SCADA
[5] Ver https://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_control_system
[6] Ver https://en.wikipedia.org/wiki/Distributed_control_system

un gran perjuicio a las poblaciones y sistemas a los que sirven, ni sin causar grandes pérdidas económicas difíciles de asumir.

Los protocolos de comunicación SCADA son específicos de un fabricante, pero muchos de ellos se utilizan con profusión sobre redes TCP/IP gracias a extensiones posteriores de los protocolos originales. Este hecho difumina peligrosamente la frontera que hay entre redes industriales y redes de propósito general como Internet. En cualquier caso, esta migración a redes TCP/IP es un riego en sí, ya que no tiene en cuenta las importantes diferencias que hay en una red industrial y otra generalista.

Todos esos escenarios y muchos más, que componen el catálogo de **Infraestructuras Críticas**, dependen, en mayor o menor medida, de redes de control y monitorización que están siendo migradas para operar sobre redes TCP/IP y así utilizar la misma electrónica de red que Internet, todo ello sin una evaluación previa en cuanto a su seguridad efectiva.

La consideración de la seguridad SCADA ha cambiado radicalmente después de que se conociera el ataque Stuxnet[7] a los sistemas de control industrial de una planta iraní de enriquecimiento de uranio en Natanz[8]. De esta manera, la sociedad industrializada ha podido ver claramente lo que la amenaza del código dañino puede suponer en operaciones de sabotaje[9].

3. VISIBILIDAD EN INTERNET

Gracias al rápido crecimiento de Internet, cada día hay más herramientas al alcance de todos, y una de ellas son los famosos buscadores.

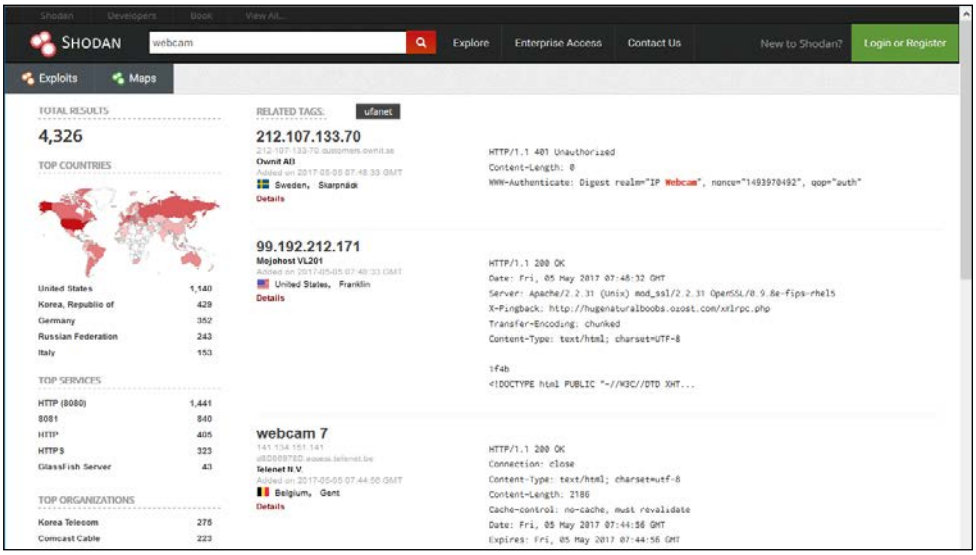


Figura 2.- Búsqueda de dispositivos IoT en Shodan.

[7] Ver https://en.wikipedia.org/wiki/Stuxnet

[8] Ver https://en.wikipedia.org/wiki/Natanz

[9] Kim Zetter: "*Countdown to Zero Day: Stuxnet and the Launch of the World's First Digital Weapon*" Crown Publisher, ISBN-13: 978-0770436179

Según han crecido los servicios ofrecidos en red, también se han especializado los motores de búsqueda, surgiendo algunos como es el caso de **Shodan**[10] que permite, de forma muy sencilla, encontrar dispositivos IoT conectados directamente a Internet.

Este buscador ofrece al usuario una amplia cantidad de detalles sobre el aparato en sí y hacer búsquedas por el tipo de dispositivo, como, por ejemplo, "webcams". Se puede ver que, con esta sencilla búsqueda, se pueden encontrar hasta 4.326 webcams directamente conectadas a Internet en ese momento.

También se pueden filtrar búsquedas por otros términos como el puerto que tienen expuesto a la red. Por ejemplo, se pueden encontrar todos los dispositivos que permitan conexiones al puerto 22, que es el de los terminales SSH, y el resultado de la búsqueda arroja hasta 8.860.281 elementos directamente accesibles de forma remota con ese tipo de comunicación en Internet.

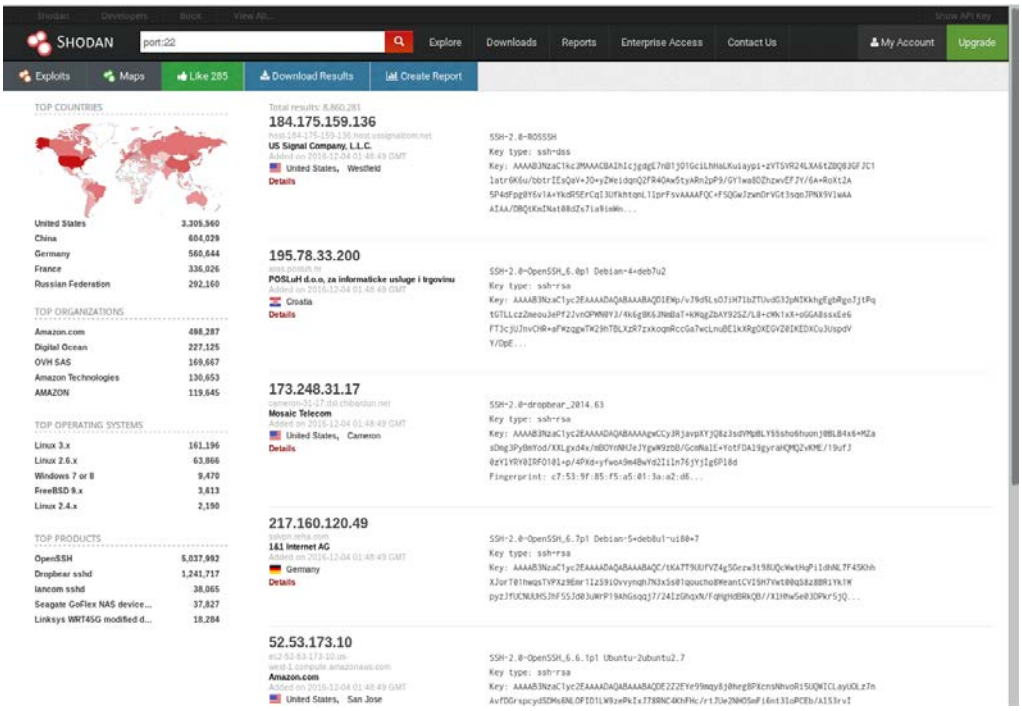


Figura 3.- Búsqueda de dispositivos IoT en Shodan por puerto.

Además de Shodan, hay otros muchos métodos de búsqueda de máquinas que están directamente conectadas a Internet. Unos de los más conocidos son Scans.io[11] y ZMap[12].

No se puede olvidar que los dispositivos IoT también pueden estar conectados entre sí o con otros dispositivos mediante conexiones[13] de radio de las que podemos resaltar las conexiones Wi-Fi, BlueTooth (BT) o incluso NFC. En estos casos, los dispositivos

10 https://shodan.io
11 https://scans.io/
12 https://zmap.io/
13 https://www.postscapes.com/internet-of-things-protocols/

también son susceptibles de que su control caiga en manos de usuarios malintencionados.

En el informe "Combatting the Ransomware Blitzkreig" podemos encontrar un capítulo dedicado a dispositivos IoT[14] relacionados con la medicina que están conectados a otros mediante enlaces Bluetooth, como pueden ser los marcapasos implantados en pacientes, por lo que es fácil ver los riesgos para la seguridad que eso conlleva.

En cualquier caso, se recomienda al usuario hacer búsquedas de sus dispositivos en los buscadores antes comentados, ya que es una de las fuentes principales de información para los atacantes que pretenden localizar dispositivos vulnerables.

4. CUANDO LOS DISPOSITIVOS SON EL OBJETIVO

Una vez que al atacante tiene una forma de automatizar la búsqueda de posibles objetivos a los que poder acceder y administrar de manera remota, ya sólo queda que lo haga y consiga su control total con el fin de utilizarlos para realizar las actividades ilícitas que le interesen.

A esta red de máquinas y dispositivos que se encuentra bajo el control de una misma persona se la conoce como "botnet", y a los nodos que la conforman se les conoce como "bots" o "zombis".

Cuando un atacante tiene acceso a un dispositivo, lo que suele hacer es instalar en el mismo un programa dañino que le permita poder controlarlo de forma sincronizada con otros, pudiendo llegar a lanzar órdenes de forma simultánea de tal manera que todos los equipos infectados actúen de un mismo modo, o de forma coordinada, contra un mismo objetivo.

El ataque de este tipo que más se ha popularizando en los últimos años es el de **Denegación de Servicio Distribuido (DDoS)** que, mediante la realización de conexiones de forma masiva y simultánea desde diferentes orígenes, busca inutilizar un servicio o una web de modo que nadie pueda acceder al sitio atacado.

Es interesante observar que para realizar este tipo de ataques cada vez son más utilizados dispositivos IoT comprometidos, en su mayoría grabadoras de vídeo digital (DVR) y cámaras IP.

Las razones para lanzar campañas de DDoS son múltiples, algunas de ellas tienen motivaciones claramente políticas, reivindicativos, activistas, etc. En otros casos, simplemente se hacen para demostrar el poder que puede tener un grupo de delincuentes informáticos a la hora de inutilizar un sitio web. A veces, se trata de una

14 http://icitech.org/wp-content/uploads/2016/04/ICIT-Brief-Combatting-the-Ransomware-Blitzkrieg2.pdf#page=17&zoom=auto,69,596

extorsión en la que a la empresa se le pide dinero para no inutilizarle sus servidores en Internet y afectar seriamente a sus actividades comerciales.

Las "botnets" también se utilizan para realizar campañas de "**spam**", consistente en el envío masivo de correos electrónicos no solicitados, o bien para alterar los resultados de votaciones y encuestas realizadas a través de Internet. Normalmente estas "botnets" se alquilan a otros como plataforma para las actividades que quiera el cliente y que, generalmente, son del todo ilícitas.

Actualmente, una de las "botnets" más famosas y utilizadas es la "botnet Mirai[15]". Esta "botnet" es de amplio uso ya que, a mediados del mes de octubre de 2016, se publicó su código fuente en forma de código libre para ser utilizado por cualquiera. Además, hay que hacer hincapié que este código dañino muestra características que hacen que infectar los dispositivos y crecer como "botnet" sea realmente fácil.

En primer lugar, Mirai escanea Internet buscando principalmente cámaras y enrutadores. Después, trata de acceder al panel de administración del dispositivo usando una lista de **usuarios y contraseñas por defecto**. Cuando consigue acceder al dispositivo, se aloja en el mismo y comprueba que no se encuentre ya infectado por otro código dañino y, si ese es el caso, se encarga de expulsarlo. Luego trata de hacer crecer la infección, y con ello la "botnet", desde ese dispositivo buscando nuevas máquinas vulnerables.

Una vez completado el proceso de infección en una máquina, lo que se obtiene es un equipo zombi que está continuamente preparado para ser utilizado en el ataque distribuido que indiquen sus servidores de mando y control.

- Las "botnets" se pueden crear fácilmente en cuestión de horas sobre la base del creciente número de dispositivos IoT inseguros que están conectados a Internet.
- La planificación para la mitigación de ataques DDoS tiene que considerar tasas de ataque de hasta 1,5 Tbps (Terabit por segundo).

4.1 Recomendaciones

El primer paso a realizar con todo dispositivo, e IoT en particular, debe ser **el cambio de contraseña y elegir una que sea realmente segura** para todos sus perfiles, especialmente los que sean de administración de dicho dispositivo. Si por alguna razón, esto no fuese posible, **ese dispositivo nunca debería conectarse a ningún otro y, en la medida de lo posible, no debería utilizarse**.

Otra posibilidad sería cambiar los puertos TCP de conexión por defecto en aras de no dar a los buscadores información sobre el servicio que, a través de ellos, ofrece el dispositivo.

Si es posible, también resulta recomendable, utilizar un elemento que haga de intermediario separando la red de dispositivos IoT del resto de Internet. Ese dispositivo bien podría ser el propio enrutador utilizado para acceder a Internet, en cuyo caso habría que **configurarlo correctamente y activar** las **medidas de seguridad** y de **control de accesos** para asegurar las redes de dispositivos IoT a las que ofrece conectividad.

[15] https://en.wikipedia.org/wiki/Mirai_%28malware%29#cite_note-7

5. CUANDO TÚ ERES EL OBJETIVO

Aunque el concepto de "**ransomware**" en la actualidad esté más orientado al secuestro de información y al pago del correspondiente rescate, con la expansión de IoT, sin duda, surgirán nuevas formas de extorsión a los usuarios.

Mientras la efectividad del "ransomware" en ordenadores personales se basa en aprovecharse del valor sentimental de los ficheros privados capturados y del valor que tiene esa información (entorno empresarial) para el funcionamiento de la empresa.

En el caso de los dispositivos IoT, el objetivo no será, en principio, la información que se pueda tener almacenada en ellos, sino la denegación permanente de servicio a la espera de conseguir un rescate.

En algunos dispositivos la respuesta al ataque bastará con reinstalar el firmware original y reiniciar el sistema con los valores de fábrica para así recuperar su funcionamiento original, pero, dependiendo del dispositivo, esto no podría ser una tarea sencilla y, en algunos casos, dada la naturaleza del servicio prestado, la interrupción del funcionamiento correcto podría ser crucial y llegar a costar vidas.

Tómese, por ejemplo, el caso de un **marcapasos**, que podría ser utilizado para obligar a la víctima a pagar un rescate bajo la amenaza de desactivarlo, o forzándolo a realizar operaciones que agoten la batería a un ritmo acelerado hasta que se reciba el correspondiente pago.

En los casos de denegación de servicio de los dispositivos o instalaciones IoT, el coste que supondría realizar las operaciones de restablecimiento del servicio bien podría superar con creces el valor del rescate solicitado por lo que se terminaría pagando.

También hay que tener en cuenta que, en algunas ocasiones, ese proceso de vuelta a los valores de fábrica podría ser imposible de realizar en el corto espacio de tiempo que marque el atacante. En estos casos, el pago del rescate podría convertirse en la única opción viable que no ponga en riesgo la vida de la persona afectada.

Otro ejemplo de ataque, puede ser la infección del sistema de control general de una **casa domótica**. Haciéndose con el controlador central, el atacante podría determinar en todo momento cual debería ser el funcionamiento y comportamiento de todos los dispositivos conectados en la casa, y posibilitar diversas acciones contra los habitantes de esa casa.

Las acciones podrían ir desde manipular la alarma de un despertador y hacer que suene cuando no tiene que sonar y que se quede mudo cuando tiene que hacerlo, hasta decirle al regulador de temperatura de un dispositivo que vaya a niveles

extremos que puedan poner en peligro su integridad, o también podría acceder a cámaras de vigilancia para conseguir imágenes comprometidas de los habitantes de la casa y luego utilizarlas para hacerles chantaje a sus víctimas.

También puede que se trate de una operación más encubierta, en la que el atacante simplemente quiere conocer los hábitos y los horarios de la víctima para planificar el mejor momento para un robo o un secuestro.

5.1 Recomendaciones

Esta situación plantea un nuevo conjunto de amenazas ante las que el usuario no tendrá medios para combatir. Es por ello, que la principal recomendación es **prescindir del acceso a Internet en los dispositivos IoT** con lo que se evita la posibilidad de ataques remotos y el robo de información privada que pueda causar futuros y serios problemas.

En el caso de que ese acceso desde Internet sea absolutamente necesario, es necesario extremar la cautela y las medidas de seguridad a la hora de establecer **quien se puede conectar** (**control de accesos**), **desde qué dispositivo** (móvil, tableta, etc.) y **en qué momento** del día, de la semana o del año.

La inercia como usuarios de las tecnologías de la información hace pensar que el aumento en el número de funcionalidades de los sistemas y dispositivos siempre es bueno y bien recibido, pero en el caso de IoT hay que pensar si realmente esas funcionalidades son necesarias y van a ser utilizadas realmente y, sobre todo, si compensan los riesgos que traen consigo.

Cualquier funcionalidad no inutilizada es una oportunidad más que tiene el atacante de hacerse con el control de todo el sistema.

6. SUPERFICIES DE ATAQUE

Dada el amplio espectro de soluciones IoT que la industria está proponiendo y que en los años venideros probablemente vayan a aumentar, es interesante ir identificando desde el primer momento los espacios, las ventanas a través de las cuales se pueden producir los ataques.

A continuación, se exponen algunas de las vulnerabilidades que aportan cada uno de los frentes por los que el atacante puede conseguir hacerse con una infraestructura IoT o con los datos que recopila.

Superficie de Ataque	Vulnerabilidad
Control de Acceso al Ecosistema	Confianza implícita entre todos los componentes del sistema. (In)Seguridad en el registro de componentes (*enrollment*). La retirada o jubilación de equipos (*decommissioning*). La pérdida de las credenciales y procedimientos de acceso.
Memoria del dispositivo	Nombres de usuario y contraseñas en claro. Credenciales de terceras partes en claro. Claves de cifrado en claro.
Interfaces	Extracción del Firmware.

físicas del dispositivo	Interfaz de línea de comando de los usuarios y del Administrador. Posibilidades de escalado de privilegios. Borrado (*Reset*) a un estado inseguro. Extracción de los medios de almacenamiento. (No)Resistencia a las manipulaciones físicas del dispositivo. Presencia de puertos de depuración (p.ej., JTAG[16]). Exposición de número de serie o la identidad del dispositivo.
Interfaz Web del dispositivo	SQL injection, Cross-site scripting y Cross-site Request Forgery. Extracción y listado de nombres de usuarios válidos. La presencia de contraseñas débiles. Posibilidad de bloquear cuentas. Existencia de credenciales por defecto.
El Firmware del dispositivo	Credenciales incrustadas en el código (*hardcoded credentials*). Divulgación de URL e información sensible. Presencia de claves de cifrado en claro. Alteración del cifrado en sí mismo (simétrico y asimétrico). Mostar la versión del Firmware y/o la fecha de la última actualización. Cuentas olvidadas de usuario actuando como puertas traseras. Servicios vulnerables activos (web, ssh, tftp, etc.). Exposición de las API de seguridad del dispositivo. Posibilidad de retornar a una versión anterior insegura.
Servicios de red del dispositivo	Divulgación de información. Interfaz de línea para los usuarios y para el Administrador. Posibilidades de inyección de código. Denegación de servicio. La existencia de servicios no cifrados. El uso de cifrados mal implementados. Presencia de servicios de prueba y/o desarrollo no eliminados o no desactivados en escenarios de producción. Problemas de buffer overflow en el software. UPnP[17] y servicios UDP vulnerables. Las posibilidades de éxito en ataques DoS (*Denegation of Service*). La actualización *On The Air* (OTA) del Firmware del dispositivo. Las posibilidades de éxito de ataques de Replay. Falta de verificación de las cargas de datos o códigos. Falta de verificación de la integridad de los mensajes, tanto si son datos como comandos.
Interfaz Administrativa	SQL injection, Cross-site scripting y Cross-site Request Forgery. Mecanismos de descubrimiento de nombres de usuario válidos. La presencia de contraseñas débiles y credenciales por defecto conocidas. La posibilidad de que se dé el bloqueo de cuentas. La ausencia de opciones de Seguridad/Cifrado y de *logging* seguro. La no autenticación con doble factor. La incapacidad para limpiar de forma segura el dispositivo (*wipe*).
Almacenamiento local de los datos	La presencia de datos no cifrados y/o el cifrado con claves comprometidas. La falta de controles de integridad de los datos. El uso de una misma clave de cifrado/descifrado de todos los datos.

[16] Ver https://es.wikipedia.org/wiki/JTAG

[17] Ver https://en.wikipedia.org/wiki/Universal_Plug_and_Play

Interfaz Web con la Nube	SQL injection, Cross-site scripting y Cross-site Request Forgery. El descubrimiento de nombres de usuario válidos. La presencia de contraseñas débiles y de credenciales por defecto. El posible bloqueo de cuentas. El no cifrado de lo que se transporta o comunica. La presencia de mecanismo de recuperación de claves y contraseñas que sea inseguro. La falta de autenticación de doble factor.
Backend API de terceras partes	Envío no cifrado de información personal o identificativa. El modo de cifrado de la información personal e identificativa. La divulgación de información interna del dispositivo. La divulgación de la ubicación del dispositivo.
Mecanismo de actualización	El que las actualizaciones se envíen sin cifrar. Que las actualizaciones no vengan correctamente firmadas. Que la URL de las actualizaciones sea modificable. Que no haya o sea ineficaz la verificación de las actualizaciones, o la falta de autenticación de las mismas. La posibilidad de instalar actualizaciones maliciosas. La pérdida temporal o definitiva del mecanismo de actualización. La ausencia de un mecanismo manual de actualización.
Aplicación móvil	La existencia de credenciales por defecto y/o la aceptación o uso de contraseñas débiles. El almacenamiento inseguro de los datos. La ausente o el inadecuado cifrado de lo que se transporta. Un mecanismo inseguro de recuperación de contraseñas y claves. La ausencia de una autenticación de doble factor.
Backend API de proveedores	Aceptar como inherente la confianza en las aplicaciones de la nube o móviles. Mecanismos de autenticación débiles. Los controles de acceso inexistentes o débiles. La posibilidad de que tengan éxito los ataques de inyección. La presencia de servicios ocultos y funcionalidades no documentadas.
Comunicación del ecosistema	La ausencia o el abuso de los controles sobre el estado de salud de todo el sistema. Las pruebas de funcionamiento correcto (*Heartbeats*) del sistema. La (in)seguridad de los comandos que operan el ecosistema. El desaprovisionamiento de recursos o capacidades. El forzado de las actualizaciones.
Tráfico de red	La propia Red de Área Local (LAN). El salto desde la LAN a Internet (enrutador, proxy, cortafuegos, etc.). Las conexiones aéreas de corto alcance. La no estandarización de protocolos y/o procedimientos. Las redes inalámbricas en si (Wi-Fi, Z-wave, Zigbee, Bluetooth). La posibilidad de analizar los dispositivos con técnicas de Protocol fuzzing[18].
Autenticación y Autorización	La divulgación de valores relacionados con la Autenticación/Autorización de claves de sesión, token, cookies, etc. La reutilización de claves de sesión, tokens, etc. La ausencia de autenticación de dispositivo con dispositivo.

[18] Ver https://www.owasp.org/index.php/Fuzzing

	La nula o débil autenticación del dispositivo con la aplicación y entre el dispositivo y la nube, y viceversa. La no autenticación de la aplicación con la nube, y viceversa. La falta de autenticación de las aplicaciones Web con el sistema en la nube. La falta de técnicas de autenticación dinámica.
Privacidad	La divulgación de datos de usuario. La publicación de la ubicación del usuario a través del seguimiento de su dispositivo. La posibilidad de sistemas con privacidad diferencial, en la que unos pocos monitorizan a todos y nadie les monitoriza a ellos.

Cualquier medida que sirva para mitigar los efectos de cada una de las superficies de exposición frente a los ataques anteriores, aumentará sin duda la seguridad de la infraestructura IoT de que se trate. Antes de adoptar cualquier tecnología o implementar una arquitectura basada en IoT, es bueno hacerse preguntas sobre lo indicado en la tabla anterior.

7. MEDIDAS PARA PROTEGER Y/O REDUCIR LA SUPERFICIE DE ATAQUE

En el caso de arquitecturas IoT pocas veces será posible utilizar las mismas medidas de seguridad que se recomiendan estén presentes en los sistemas de las TIC con los que el usuario está familiarizado (antivirus, cortafuegos, analizadores de malware, etc.). Sin embargo, hay medidas que sí son posibles y que hay que tener muy en cuenta si se pretende trabajar, viajar, vivir, con una infraestructura IoT segura.

7.1 Configuración segura

En general, las características de cada dispositivo IoT variarán bastante de uno a otro, y en algunos casos sí es posible instalar aplicaciones de seguridad (mini cortafuegos, anti-malware, etc.) o al menos modificar el comportamiento del dispositivo (configuración) para hacerlo más seguro. Sin embargo, en otros muchos casos las **limitaciones físicas y lógicas del propio dispositivo harán imposible ese proceso de protección** y en numerosas ocasiones esa imposibilidad está impuesta por el fabricante, en cuyo caso, la única recomendación posible es **renunciar a utilizar ese tipo de tecnología**.

7.2 Actualización

La principal medida de seguridad que se debe seguir con cualquier dispositivo informático, sea IoT o no, es **mantener todo su software y firmware permanentemente actualizado**. Ésta es la única forma de contar con las últimas correcciones para las vulnerabilidades que hayan sido detectadas. La disminución de vulnerabilidades siempre disminuye el riesgo y la efectividad de las posibles herramientas desarrolladas por los atacantes.

La puntual actualización de los sistemas, además de favorecer su correcto funcionamiento, permite disponer de nuevas características que el fabricante en cada momento ofrece.

En general, el proceso de actualización depende del dispositivo del que se trate. Algunos permitirán la actualización automática mediante conexiones y comprobaciones periódicas en los servidores que para tal fin tenga activos el fabricante, mientras que en otros casos solo podrán ser actualizados manualmente y será por tanto necesario que le usuario sigua las instrucciones proporcionadas por el fabricante.

7.3 Actualizaciones genuinas

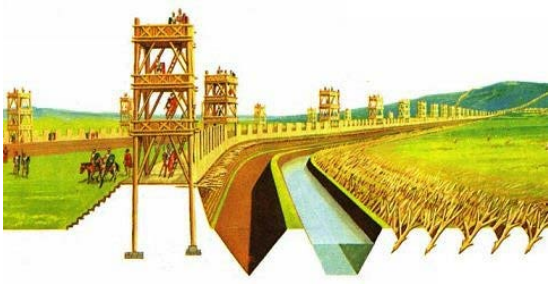
En cualquier caso, la calidad del dispositivo IoT se mide también en las medidas de seguridad que ha implementado el fabricante para **que el dispositivo solo pueda instalar actualizaciones genuinas y autorizadas por él mismo**.

Uno de los procedimientos de ataque más efectivos en los dispositivos IoT es actualizarlos con una actualización falsa adecuadamente modificada por el atacante. **La integridad y autenticidad de las actualizaciones es un factor a tener muy en cuenta a la hora de adquirir dispositivos electrónicos** de cualquier tipo.

En cualquier caso, **las actualizaciones deben venir firmadas y su firma ser correctamente verificada antes de proceder** a su instalación. La actualización siempre debe ser posterior a la versión que actualiza. **No se debe permitir el retorno a versiones anteriores más inseguras**.

7.4 Cortafuegos y detección de código dañino

Al no poderse recurrir a la instalación de software *anti-malware* o cortafuegos en el propio dispositivo IoT, la prevención de intrusiones debe hacerse en otras capas interpuestas que se encarguen de gestionar la seguridad de toda la arquitectura.



La medida más aconsejable es **configurar correctamente el enrutador que proporciona el acceso a Internet** del dispositivo, de modo que éste filtre las conexiones que pueda haber hacia y desde los dispositivos IoT a los que da conectividad.

El objetivo debe ser restringir el acceso al dispositivo desde redes externas de forma

que, por ejemplo, solo pueda accederse a la configuración de los dispositivos desde un equipo conectado a la misma red local, o bien que las conexiones a Internet y desde Internet se hagan a direcciones IP concretas y verificadas como confiables.

En este escenario hay que **configurar correctamente el enrutador** y establecer **listas de acceso permitido (listas blancas)** para usuarios, dominios y/o direcciones IP concretas.

7.5 Autenticidad e integridad de los comandos

En el caso de que haya que mantener una conectividad exterior para los dispositivos e infraestructuras IoT, lo adecuado es que el sistema disponga de un **mecanismo de firma digital que permita verificar criptográficamente la autenticidad de los comandos y las comunicaciones** que se establecen.

El sistema IoT debería establecer, en todo momento, si una conexión remota (Internet) al dispositivo IoT es auténtica o no y en el caso de que no lo sea, simplemente desestimar la solicitud.

7.6 Conectividad con internet

Es muy aconsejable **desactivar cualquier tipo de conectividad remota del dispositivo IoT** siempre y cuando no se vaya a hacer un uso inmediato de ella. Tanto los dispositivos *Bluetooth*, que pueden ser localizados por otros dispositivos cercanos, como los dispositivos conectados a Internet que pueden aparecer en buscadores específicos, son fáciles de descubrir y la mejor forma de evitar un ataque es limitar el acceso a ellos.

Hay casos en los que puede parecer que es necesario tener un dispositivo IoT accesible desde el exterior, desde cualquier rincón de Internet, pero conviene siempre responder a la pregunta de si realmente es necesario acceder "¿a mi nevera?" desde cualquier lugar del mundo. Casi siempre la respuesta no es un rotundo sí.

Una solución paliativa del riesgo pasa por establecer cuáles son exactamente las condiciones en las que se necesita permitir esa conexión: ¿desde dónde?, ¿en qué momento?, ¿por parte de quién?, ¿con qué fin?, ¿qué es exactamente lo que se va a permitir hacer?, etc.

Por ejemplo, si lo que se necesita es poder encender la calefacción de una segunda vivienda de modo que su temperatura esté confortable antes de que uno llegue, la conexión con la caldera está perfectamente definida (comando para encender o apagar la caldera), se hará desde dispositivos muy concretos (dirección IP de la residencia principal, teléfonos del propietario o personas

autorizadas), probablemente se hará en fines de semana y períodos de vacaciones (calendario), a unas horas con más probabilidad que otras (horario) y si la temperatura exterior es inferior a un valor dado, etc. Con esta información se puede limitar la ventana de tiempo y el origen de esa operación remota en la infraestructura IoT.

7.7 Configuraciones de seguridad

Por las exigencias de atender a un mercado más amplio, en la mayoría de los casos, los sistemas IoT incluyen funcionalidades que son necesarias en un momento dado para su puesta en marcha o para su mantenimiento posterior. En este caso, **todas las funcionalidades innecesarias deben estar inactivadas** en el escenario de explotación.

Para que esto sea posible, existen **mecanismos de configuración** mediante los cuales se determinan cual va a ser concretamente la funcionalidad a desarrollar por parte del dispositivo en cada escenario. Es muy importante comprobar que son suficientes los grados de libertad disponibles en el proceso de configuración. Esta verificación incluye:

- Revisar la interfaz administrativa del dispositivo buscando opciones que refuercen la seguridad del sistema, tales como **forzar a que las contraseñas sean robustas**.
- Buscar en la interfaz administrativa el modo de **separar los perfiles de administrador de los de usuarios normales**.
- Revisar la interfaz administrativa en busca de **opciones de cifrado**.
- Revisar la consola de administración viendo si hay opciones para **habilitar el registro seguro de varios eventos de seguridad**.
- Revisar si hay forma de **activar alertas y notificaciones** al usuario final de todos los eventos relacionados con la seguridad del sistema.

Hacer suficientemente segura la configuración de un dispositivo requiere:

- Asegurar el poder **aislar los usuarios normales de los administradores**.
- Asegurar la capacidad de **cifrar los datos en reposo y en tránsito**.
- Asegurar que se pueda forzar el uso de **políticas de contraseñas robustas**.
- Asegurar la capacidad de activar el **registro de eventos de seguridad**.
- Asegurar la capacidad de **notificar a los usuarios finales la ocurrencia de eventos** relacionados con la seguridad.

7.8 Integridad de software/firmware

Ya que las reglas del mercado de la microelectrónica exigen inmensos volúmenes de venta de un mismo elemento para ser económicamente viable, eso implica la aparición de escenarios IoT que están plagados de dispositivos hardware de propósito general, cuya funcionalidad operativa concreta viene dictada por el software o firmware que ejecutan.

Es muy importante que esos dispositivos universales, desde el principio (arranque) y en adelante (ejecución), **puedan comprobar la integridad de los elementos software que**

ejecutan y no puedan ser alterados de modo que terminen haciendo cosas para las que no estaban diseñados.

El control de cualquier arquitectura IoT pasa irremediablemente, en primer lugar, por la capacidad de actualización del software y, en segundo plano, por la posibilidad de cambiar físicamente el funcionamiento del mismo hardware (*firmware*).

Comprobar la **presencia de actualizaciones software/firmware inseguras** incluye:

- Revisar el fichero de actualización en busca de información sensible que puede quedar expuesta, incluso si lo hace de forma ofuscada.
- Revisar la producción de los ficheros de actualización de modo que implementen un cifrado correcto utilizando algoritmos y procediditos aprobados.
- Revisar la producción del fichero de actualización y comprobar que siempre va correctamente firmado.
- Revisar la seguridad y robustez del método de comunicación utilizado para transmitir las actualizaciones y dar publicidad de su existencia. Hay que evitar que los sistemas no se actualicen por desconocer que tenían que hacerlo.
- Revisar el servidor de actualizaciones en la red para asegurar que los métodos de cifrado de la comunicación están actualizados y correctamente configurados, y que el servidor de actualizaciones en sí mismo no es vulnerable.
- Revisar el dispositivo para su correcta validación o firmado de los ficheros de actualización.

Asegurar el software/firmware que se ejecuta en un dispositivo requiere:

- Asegurar que el dispositivo tiene la habilidad real de actualizarse. En IoT es muy importante que todo tenga un mecanismo seguro de actualización.
- Asegurar que el fichero de actualización está cifrado utilizando métodos y algoritmos aceptados como seguros.
- Asegurar que el fichero de actualización se transmite a través de una conexión cifrada y que el proceso de instalación o configuración termina con una **fase de autodiagnóstico** que tiene que ser positiva y de no serlo, el proceso de actualización debería ser completamente revertido.
- Asegurar que el fichero de actualización no expone datos sensibles.
- Asegurar que el fichero de actualización está firmado y que es verificado antes de que se publique la actualización, se distribuya y se aplique.
- Asegurar que el servidor de actualizaciones es íntegro y seguro.
- Implementar el arranque seguro del dispositivo si es posible (*secure boot*) y su cadena de confianza.

7.9 Seguridad física

Algunos ataques no pueden realizarse de forma remota, sino que requieren tener acceso físico al dispositivo. Esto será especialmente sencillo en la IoT, ya que los dispositivos estarán junto a aquello que miden u operan, por lo que casi siempre no tendrán nada físico que los proteja.

Dado que el atacante va a poder acceder al dispositivo, o aproximarse al él tanto como quiera, es necesario comprobar si son suficientes las medidas que cada fabricante ha tomado para proveer la **seguridad física** del dispositivo:

- Revisar lo fácil que es desmontar el dispositivo y **acceder o extraer sus medios de almacenamiento**.
- Revisar el uso de **puertos externos** tales como USB para determinar si los datos contenidos dentro del dispositivo pueden ser accedidos sin necesidad de desmontarlo.
- Revisar si todos los puertos físicos externos **son necesarios** para el funcionamiento del dispositivo.
- Revisar la interfaz de administración para determinar si los puertos externos tales como los USB **pueden ser desactivados**.
- Revisar la interfaz administrativa para determinar si las capacidades del administrador pueden **limitarse al ámbito local**.

Una adecuada **protección física** requiere:

- Asegurar que los medios de almacenamiento no pueden extraerse fácilmente.
- Asegurar que los datos almacenados están **cifrados en reposo**.
- Asegurar que los puertos USB y otros puertos externos no pueden ser utilizados para un acceso dañino al dispositivo.
- Asegurar que el dispositivo **no puede ser desmontado fácilmente**.
- Asegurar que solo se permiten aquellos puertos externos, tales como los USB, que son realmente necesarios para el correcto funcionamiento del dispositivo.
- Asegurar que el producto tiene la **habilidad de limitar las capacidades administrativas**.

8. CONCLUSIONES

Hay un nuevo desafío para la ciberseguridad proveniente de los objetos cotidianos que nos rodean, el Internet de las cosas (IoT). Desde máquinas de café y frigoríficos a asistentes virtuales y cámaras de vídeo, **los consumidores están utilizando una nueva ola de dispositivos conectados**, aunque rara vez tienen en cuenta las vulnerabilidades que pueden llevar aparejados los mismos.

Los ataques a la IoT exponen a las empresas a la pérdida de datos y servicios y pueden hacer que los dispositivos conectados sean peligrosos para los clientes, empleados y para el público en general. Las potenciales vulnerabilidades seguirán creciendo a medida que más dispositivos sean dependientes de Internet.

Con la escasa reglamentación existente que responsabilice a los fabricantes de los objetos conectados, estos dispositivos ofrecen una **vía directa de acceso a datos personales, industriales o corporativos, a menudo muy sensibles**.

Mientras tanto, los equipos de seguridad están luchando para hacer frente a un **paisaje de amenazas que cada vez es más complejo**, donde cualquier dispositivo podría estar sujeto a ataques sofisticados y no solo los de sobremesa o servidores.

La mayoría de **los dispositivos IoT no se diseñan ni construyen teniendo en cuenta la seguridad propia y la de otros**, sino que son diseñados en pro de la funcionalidad, su facilidad de uso y su rápido lanzamiento al mercado. Estos equipos son generalmente baratos, útiles y, si es necesario, sencillos de configurar, lo que suele llevar aparejado un coste para la seguridad.

Lo incipiente de este nuevo paradigma y el hecho de que la mayor parte de los ataques a la IoT hayan sido meras pruebas de concepto sin consecuencias serias, no significa que en el futuro los atacantes en el ciberespacio no se vayan a centrar en este mercado.

Un estudio de Hewlett-Packard encontró que el 70% de los dispositivos IoT más comúnmente utilizados contienen abundantes vulnerabilidades explotables[19] por atacantes. Más aún, el 80% de esos artefactos presentan serios problemas de privacidad en cuanto que **recogen datos particulares**, casi siempre innecesarios, **del usuario y sus circunstancias**.

Solo **la exigencia de seguridad por parte del usuario final y de toda la sociedad** podrá imponer a los fabricantes y al mercado la necesidad de considerar todos estos aspectos **antes de lanzar un producto al mercado**. Esa misma demanda forzará a que las autoridades y los distintos sectores profesionales opten por **medidas de regulación que protejan tanto al ciudadano como a la sociedad en general** de las consecuencias que puede tener poblar el planeta con billones de dispositivos inseguros.

A diferencia de los ciberataques tradicionales, los incidentes relacionados con la IoT no se limitan a extraer información, pueden ser utilizados para **causar daño físico** y ser explotados por ciberatacantes patrocinados por Estados para causar perjuicios graves.

Quizás, asegurar la "cosa" no sea la respuesta, ya que siempre habrá demasiados elementos a manejar. Por el contrario, la observación y monitorización permitirán aumentar la visibilidad, que junto con el análisis y la respuesta oportuna proporcionarán un enfoque pragmático para reducir los riesgos inherentes al crecimiento de los dispositivos IoT. De esta manera, lo aspectos a considerar serían:

- **Concentrarse en lo que se puede ver**. Los dispositivos IoT suelen tener un punto de control, ya sea un enrutador, un cortafuegos o proxy en el perímetro de la red o en la nube. Es necesario conseguir visibilidad y, cuando sea posible, controlarla.
- **El análisis como mejor amigo**. Los dispositivos IoT comparten una característica a menudo pasada por alto, su comportamiento es predecible. La aplicación de "*machine learning*" para el modelado de comportamiento es extremadamente eficaz para perfilar el riesgo, detectar anomalías y responder.
- **Disponer de personal dedicado a la seguridad**. Nunca se dejará de monitorizar, investigar y remediar, y se debe contar con personal que sepa analizar la situación para articular una adecuada respuesta.

[19] Ver http://h20195.www2.hp.com/V2/GetDocument.aspx?docname=4AA5-4759ENW&cc=us&lc=en

El éxito se reduce a establecer una base de monitorización y control para reducir la exposición al riesgo y aplicar técnicas inteligentes a la creciente población de dispositivos IoT.

9. DECÁLOGO DE RECOMENDACIONES

	Decálogo de Seguridad para Arquitecturas IoT
1	Evitar utilizar dispositivos IoT siempre que no sean estrictamente necesarios.
2	No utilizar, en la medida de lo posible, aquellos dispositivos IoT que transmiten información a servidores externos (la Nube), incluso si son los del fabricante.
3	Cambiar las contraseñas por defecto de los dispositivos y utilizar contraseñas realmente robustas, que no estén en ningún diccionario, que sean suficientemente largas y por tanto difíciles de adivinar.
4	Mantener actualizados los dispositivos con las últimas versiones disponibles de software y firmware.
5	Desactivar toda conectividad remota (con Internet) de los dispositivos cuando no sea estrictamente necesaria.
6	Mantener abiertos solo aquellos puertos de comunicación que sean realmente necesarios y modificar los puertos de escucha si es posible.
7	Si los dispositivos IoT no permiten la configuración de su seguridad, operar con ellos siempre en una red de área local (LAN) detrás de un dispositivo (enrutador) correctamente configurado que sí provea esa seguridad.
8	En la medida de lo posible, asegurar la autenticidad, confidencialidad e integridad en todas las comunicaciones locales (LAN), especialmente si estas se realizan por enlaces radio (Wi-Fi, Bluetooth, etc.).
9	Comprobar periódicamente y sin previo aviso, la configuración de seguridad de todos los elementos de la arquitectura IoT y de sus dispositivos de comunicación con el exterior.
10	Comprobar la visibilidad de los dispositivos propios en buscadores de dispositivos IoT como Shodan.