



**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

Máster en Asia Oriental – Estudios Japoneses.

Curso 2011-2013

Trabajo de Fin de Máster

**El desarrollo de robots humanoides en Japón y las
implicaciones del valle inquietante**

Autor

Cristian Andrés Mejía Caballero

[cristianmejia@usal.es]

Tutor:

Dr. Santiago López

Salamanca, febrero del 2013.

Índice

Introducción	2
Del autómeta al robot	5
Frankenstein contra Astroboy: La batalla por el futuro.	10
El software y el hardware: Un asunto de sindicatos.	18
El valle inquietante: ¿Cruzarlo o no?	24
Conclusión	29
Apéndices: Cuadro e imagenes	31
<i>Referencias</i>	38
<i>Referencias de imágenes</i>	41

Introducción

El 13 de mayo del 2008 tuvo lugar un simbólico evento. ASIMO el robot humanoide desarrollado por la empresa japonesa Honda se presentó como director de la Orquesta Sinfónica de Detroit para dirigir la pieza de apertura en uno de los conciertos de la temporada, el tema fue *El sueño imposible* del musical *El hombre de la Mancha*. Más allá de todas las referencias culturales que se mezclan en tal escena, es importante destacar la posición que ocupó la máquina frente al hombre. Desde el público visto como una fuente de entretenimiento, y desde los músicos como un líder. Si bien ASIMO, y cualquier otro robot humanoide desarrollado a la fecha, es incapaz de sustituir plenamente a un director de orquesta, sí que es capaz de inspirar e influir a favor del estudio de temas relacionados a la ciencia y la tecnología, que era uno de los objetivos que perseguía Honda con la gira protagonizada por su robot.

ASIMO es actualmente el paradigma del robot humanoide, tras él, una serie de proyectos en su mayoría japoneses dominan este sector de la robótica, que lentamente se desplaza del interés académico al comercial. Y aunque su aplicación práctica no es evidente, los robot antropomorfos poco a poco aparecen en la escena pública alimentando el imaginario social, motivando preguntas sobre nuestro futuro y el papel que las máquinas tendrán en él. Si bien, no es necesario hacer demasiado esfuerzo para pensar en una sociedad altamente robotizada, pues en la actualidad ya existe un lugar que hasta hace unos años se denominaba el reino de los robots: Japón.

Hoy en día se nos hace fácil asociar a Japón con la tecnología. El archipiélago es hogar de la mayor concentración de robots del mundo. Anualmente y de manera ininterrumpida se celebran conferencias sobre robótica, cuenta con algunos de los más importantes centros de investigación en el ramo, y es sede de grandes fabricantes de robots industriales. De acuerdo con el reporte publicado por la Federación Internacional de Robótica, para el 2011 Japón continúa siendo el mejor mercado de consumo de robots, destacando en el sector automotriz, seguido del sector eléctrico. Para finales de ese año poseía 307,201 unidades de robots industriales, tras de él está Alemania con 157,241 robots. Y el conjunto norteamericano (Estados Unidos, México y Canadá) con 184,679 unidades. Con lo que observamos la clara ventaja japonesa, tendencia que se ha mantenido a lo largo de los años.

Esas cifras engloban a los robots industriales multipropósito, generalmente brazos mecánicos y dispositivos inteligentes de transporte. El robot humanoide en

cambio, al ser un producto en desarrollo, dificulta su rastreo estadístico. Sin embargo Japón nuevamente nos llena de ejemplos en este ramo: El primer robot humanoide propiamente dicho, Wabot-1, fue desarrollado por investigadores de la Universidad de Waseda; La Expo `85, realizada en Tsukuba, fue una exposición de casi seis meses de duración en la que Japón echaba un vistazo al futuro presentando una pluralidad de robots, incluyendo humanoides; finalmente los primeros intentos formales de introducir humanoides de tamaño real como asistentes personales en los hogares pertenecen a empresas como Honda o el Instituto Nacional de Ciencia Industrial Avanzada y Tecnología.

¿Qué hace de Japón un país tan receptivo a la tecnología, capaz de dejar atrás con gran ventaja al resto del mundo?, ¿Por qué del interés en el desarrollo de humanoides y su incorporación a la sociedad? Ambas respuestas tienen su origen en un conjunto de características culturales y condicionamientos históricos de intrincada relación. Por ello la presente investigación pretende dilucidar, a través de un catálogo de observaciones en distintos campos, las claves que permitieron a Japón alcanzar el estatus de una nación altamente robotizada, desde la rápida asimilación de tecnologías occidentales, hasta el desarrollo de sus propias innovaciones, las cuales lo han convertido en pionero tecnológico. Estas claves, son referidas en cuanto su importancia e influencia en la creación de un escenario que permitiera el desarrollo de humanoides, sin embargo no se pretende dar una explicación profunda de sus causas, pues cada una de ellas es un área fértil digna de futuras investigaciones.

Para abordar estas claves, se inicia la primera sección indicando los antecedentes japoneses en materia de humanoides, que si bien no trata de robots sino de autómatas, constituyen la primera piedra de la cosmovisión robótica japonesa. En la segunda sección se hará una revisión de la impronta cultural que han dejado los robots a lo largo de la historia, dando especial atención a los iniciadores del género en la ficción japonesa con personajes como *Tanku Tankurō* y *Astroboy*, a la vez que se comparan con obras de similar influencia en occidente. Después se abordará la evolución que ha tenido el modelo empresarial japonés desde la llegada de los robots industriales y como la idiosincrasia de la empresa japonesa determinó el modelo robótico, que prima el hardware sobre el software, y que favoreció los estudios en el desarrollo de interfaces hombre-máquina.

Para finalizar se estudia el caso exclusivamente tecnológico. El desarrollo de las principales ideas dentro de la robótica humanoide, cómo se concibe el actual robot de forma humana y sus perspectivas hacia una aplicación práctica dentro del entorno social. Aquí tomará especial importancia *la hipótesis del valle inquietante* desarrollada por Mori Masahiro que bifurca la manera de crear robots: una segura, explotada por la industria, y la otra más inquietante en el ámbito académico. Esta hipótesis brinda por primera vez un marco conceptual para el estudio de la reacción y afinidad que un usuario siente respecto a la forma de una máquina. En general, Mori propone que las personas se sentirán mas cómodas con máquinas y objetos que se parezcan a ellos, pero sentirán cierta aversión si se parecen demasiado, así queda establecido un límite que los creadores de robots tendrán en cuenta a la hora de introducirlos al mercado.

Del autómatas al robot

Cuando vemos el catálogo de productos de la empresa Honda nos encontramos con una importante variedad en modelos de motocicletas, seguido de vehículos y luego, por extensión, motores y otros dispositivos para suministrar potencia. Entonces aparece un pequeño astronauta saludándonos; se trata de ASIMO el robot humanoide, e insignia de la envergadura tecnológica que enviste a la empresa. Por un momento podemos cuestionarnos qué hace un robot como ASIMO dentro de los intereses de una corporación dedicada al transporte, y la respuesta es más bien sencilla. ASIMO es el acrónimo de *Advanced Step in Innovative Mobility*. Honda justifica el desarrollo de su robot por su interés en la movilidad, sobre todo por el deseo que tuvieron de convertirse en la primera empresa en lograr la movilidad bípeda autónoma, de aquí que los prototipos de ASIMO fueran no más que un par de piernas mecánicas.

Alcanzar la movilidad bípeda en las máquinas ha sido una gran hazaña. Caminar es una actividad que requiere de una constante retroalimentación con el entorno y una respuesta rápida, condiciones que le dan mayor complejidad que, por ejemplo, jugar ajedrez o resolver ecuaciones diferenciales (Ares 2008: 65). La complejidad y la velocidad son importantes la hora de conceptualizar la palabra robot.

Definir al robot es complicado, la Organización Internacional de Normalización en su norma 8373:1994 lo define como:

An automatically controlled, reprogrammable, multipurpose, manipulator programmable in three or more axes, which may be either fixed in place or mobile for use in industrial automation applications.

Sin embargo esta norma se limita a emitir definiciones para robots en el área de la manufactura, por lo que la idea de robot humanoide no encaja adecuadamente en ella. Aun así, la misma es el estándar usado por otras organizaciones como la Federación Internacional de Robótica a la que está inscrita la Japan Robot Association (JARA), la organización robótica más importante del país, de la cual son miembros múltiples fabricantes de robots. No obstante la JARA, dentro de sus normas evita dar definiciones de robot, solo los clasifica (Schodt 2011: 39).

Ciertamente clasificar en vez de definir es un recurso saludable, muy útil en la actualidad, ya que de alguna forma la idea de lo que es un robot está más o menos fijada

en nuestra mente, no obstante en retrospectiva, cuando buscamos los orígenes del robot humanoide japonés, debemos establecer ciertos límites, que no encontrándose en diccionarios o manuales técnicos al menos puede establecerse a nivel histórico.

Para el robot japonés todo empezó con el reloj que introdujo San Francisco Javier en 1551. El jesuita español lo llevó como obsequio para establecer relaciones e iniciar así las misiones en Japón (Schodt 2011: 56). Los artesanos japoneses le echaron mano de inmediato al novedoso aparato, y aprendieron de los intrincados mecanismos que poseía. Luego los relojes japoneses alcanzarían un alto grado de complejidad y formarían parte de las posesiones propias de las clases altas. Para 1639 con la llegada de los Tokugawa al poder se inicia la política de aislamiento, momento en el cual los relojeros sin injerencia occidental, encuentran usos recreativos a los mecanismos del reloj.

El momento clave nos llega de la mano del relojero Takeda Ōmi, quien en 1662 empieza a hacer espectáculos con unas pequeñas marionetas que se movían solas: los *karakuri ningyō*, o muñeca mecánica. Sus espectáculos eran presentados en Osaka, y constituían los entreactos de obras reales, estas muñecas eran movidas por sistemas hidráulicos o usando el peso de la arena como potencia, y realizaban movimientos complejos como lanzar dardos o escribir ideogramas. La familia Takeda continuó con el legado y la popularidad se mantuvo a lo largo de los años haciendo que muchos artesanos sintieran curiosidad por crear los suyos propios. En 1796 ocurrirá otro gran paso en la historia de los *karakuri*: La publicación en tres tomos de la obra *karakuri-zui*, un manual detallado para la creación de relojes y *karakuris* escrito por Hosokawa Hanzō (Imagen 1). El libro gozó de una extensa cobertura en el territorio japonés haciendo que la fabricación de *karakuris* se convirtiera en un pasatiempo para los campesinos de la época (Yokota 2008: 180).

El refinamiento llegó al final de la era Tokugawa con Tanaka Hisashige, quien fue llamado “el genio de las maravillas mecánicas” gracias a la voraz inquietud que despertaron en él los muñecos mecánicos del santuario Gokoku de Kurume, su pueblo natal. Anualmente el santuario realizaba dos festivales, en primavera y otoño, ocasión que el joven Tanaka aprovechaba para mostrar sus creaciones. Alcanzó una popularidad inmediata que lo motivó a dedicar su vida a la invención, así que empezó a recorrer Japón donde mostraba sus *karakuri* como entretenimiento a la vez que desarrollaba otros objetos para facilitar la vida diaria de las personas. Luego tras la llegada del

Comandante Perry y la apertura de Japón, Tanaka se trasladó a Saga para involucrarse en proyectos relacionados al barco de vapor y al telégrafo (Toshiba 2012: en "Hisashige Tanaka"). El logro máximo en el diseño de muñecas de Tanaka es visible en su *karakuri yumi-iri doji* (Imagen 2), un pequeño arquero equipado con un carcaj de cuatro flechas las cuales disparaba a su objetivo, las primeras tres flechas las acertaba con precisión, y ya confiado lanzaba la última que fallaba, entonces un pequeño gesto mostraba su decepción arrancando risas del público.

De lo anterior hay que resaltar dos puntos fundamentales. El primero es el uso de muñecos mecánicos para las festividades en los santuarios, lo que nos da una pista sobre la inexistencia de un conflicto entre la técnica y la religión, situación que ha continuado hasta nuestros días. El siguiente punto es la forma en que el *karakuri* era percibido por su creador, estos no buscaban que sus muñecos se parecieran exactamente a un ser humano en su forma física, además algunos detalles de imperfección eran agregados premeditadamente como lo ejemplifica el arquero de Tanaka, esta característica diferencia los *karakuri* de sus homólogos europeos.

Resulta cuanto menos curioso que en Europa, por los mismos años se hayan popularizado los autómatas sobresaliendo los del relojero Pierre Jaquet-Droz, de gran complejidad y realismo. *El escritor*, por ejemplo, que fue creado entre 1767 y 1774 (Años en los que los *karakuri* de Takeda eran puestos en escena) era capaz de escribir frases de 40 palabras de extensión, con caracteres ingleses o franceses, y sus ojos seguían la línea de escritura. Además dibujaba (Ares 2008: 10).

Tanto los autómatas europeos como los *karakuri*, son importantes precedentes de los sistemas inteligentes modernos, en ambos casos sus mecanismos contaban con una parte que les dictaba qué hacer, el mecanismo operaba y se obtenía un resultado en forma de una palabra escrita o una flecha en el blanco, es decir para una única entrada, una única salida, siendo un resultado invariable.

Los *karakuri* tienen su ocaso con la restauración Meiji en 1868. Éste periodo de cambios trajo consigo un rechazo a determinadas manifestaciones tradicionales, en pro de la modernización. El emperador tomando de nuevo el poder político que le habían quitado los Tokugawa por más de 200 años inicia una serie de reformas, que son reflejadas inicialmente en la carta de *Juramento de los cinco principios*, cuya quinta y última clausula es una exhortación a la búsqueda del conocimiento en cualquier lugar del mundo para reforzar los cimientos del gobierno.

Con este cambio muchos artesanos pasaron de estar en un estamento social bajo a uno que les brindaba mayores privilegios. El nuevo gobierno, en su urgencia por modernizarse, mandaba a llamar a artesanos que pudieran trabajar uno a uno con los ingenieros occidentales en su esfuerzo por tecnificar a Japón. Desde luego la experiencia del genio de las máquinas, Tanaka Hisashige, fue bien valorada con lo que terminó trasladándose a Tokio para continuar con la expansión del telégrafo. Una vez allí, el primero de julio de 1875 fundó su empresa de equipos telegráficos y otros inventos. La empresa fue heredada a su discípulo quien ampliándola pasaría a llamarla Shibaura Engineering Works, ahora conocida mundialmente como Toshiba Corporation (Toshiba 2012: en "Tokyo Period"). Tanaka Hisashige murió en 1881, dedicado de lleno a su empresa.

Absorbidos por la acelerada expansión tecnológica, los creadores de *karakuri* volcaron su interés a otros tipos de máquina, de tal forma que el legado de estas complicadas muñecas puede ser visto como un periodo de preparación ante los grandes cambios que llegaría con la apertura de Japón, tanto la experiencia de los artesanos como los conocimientos técnicos en la manufactura de los *karakuri* repercutirían en la fácil asimilación del conocimiento occidental.

El siguiente caso de emulación de la forma humana llegaría en 1928 con el *Gakutensoku* del biólogo Nishimura Makoto. Este era un humanoide de tamaño real capaz de emular expresiones en el rostro, y hacer otra variedad de movimientos con su cuerpo. Era operado por aire comprimido y vendría a ser una forma adaptada de los viejos *karakuri*. Nishimura afirmaba que el hombre era el hijo de la naturaleza, y por consiguiente su creación podría considerarse el nieto de ella. (MacDorman, Vasudevan, and Chin-Chang 2008: 488)

A pesar de la complejidad escondida en todos los ejemplos citados hasta ahora, éstos no pueden considerarse propiamente robots, sino autómatas. La diferencia llegaría con la Máquina de Turing en 1936, en donde su inventor, el inglés Alan Turing describía un dispositivo capaz de codificar y decodificar símbolos en una cinta. Los símbolos que se imprimían en ella eran parte de algoritmos matemáticos capaces de brindar respuesta a problemas complejos. Los *karakuris* y los autómatas europeos, contaban con placas o cilindros que, por decirlo fácilmente, también traían impresa las instrucciones de sus movimientos, pero esta no se podía cambiar, no al menos con la versatilidad propuesta por Turing. Aunque la máquina de Turing no tiene nada de

humanoide, sí marca el antes y después de las máquinas inteligentes. A partir de este momento se desarrollaron la computación, la Inteligencia Artificial, la robótica industrial y finalmente, la robótica de servicio que es donde se incluyen los humanoides.

El primer robot humanoide del mundo nació en los laboratorios de ingeniería de la Universidad de Waseda en 1973. El proyecto fue dirigido por Katō Ichirō quien por primera vez reúne en una sola máquina, dispositivos sensores, locomoción asistida y manipulación, al mismo tiempo que le daba forma humana (Siciliano y Khatib 2008: 1310). El robot se llamó Wabot-1, y parecía un conjunto de cajas metálicas apiladas (Imagen 3). Pero fue su forma evolucionada Wabot-2 que alcanzó fama internacional. Para la feria robótica de 1985, la *Expo '85*, deleitó a los asistentes mientras leía una partitura y tocaba piano por su cuenta (Imagen 4).

Hoy en día son muchos los robots humanoides que aparecen en los laboratorios de universidades y empresas, algunos tratan de copiar al ser humano al detalle en su forma física dándole incluso rasgos de género. A este tipo de humanoides se le llama *androides*, término que a pesar de la raíz latina *andro*, es usado indistintamente para denotar a los robots hombre o mujer. ASIMO, no posee un rostro humano, y su infantil voz asexual nos impide saber si es niño o niña (quizá no sea necesario saberlo), a pesar de su falta de detalle este robot nos muestra el futuro de la robótica humanoide, donde ahora con el movimiento bípedo superado se persigue una optimización de los mecanismos de interacción humano-robot, fundamental para la inserción de los mismos en la sociedad, y que es hacia donde se dirigen las investigaciones en la materia (García, Jiménez, y Gonzales de Santos 2007: 99).

El rastreo histórico de los humanoides por sí solo no basta para indagar sobre el arraigado gusto de los japoneses por los robots, ya que a pesar de que los *karakuri* son una importante huella en el pasado tecnológico de Japón, aun quedan muchos espacios que rellenar, mismos que entre otras características, estaban llenos de una sustancia abstracta: La ficción, y el papel que los robots jugaron en ella.

Frankenstein contra Astroboy: La batalla por el futuro.

Una de las críticas al desarrollo de robots humanoides es lo poco rentable que parece el negocio (Kusuda 2002: 412). A la fecha los centros de investigación dedicados a ello, hacen esfuerzos de manera independiente, pero ninguno ha logrado comercializarlos, no al menos los humanoides de tamaño real. El único robot disponible en el mercado es NAO de la empresa francesa Aldebaran Robotics, que con 53cm. de altura puede considerarse más un juguete que un robot de asistencia personal. NAO es muy versátil, puede caminar e interactuar con el usuario de manera fluida. Sin embargo su precio superior a los 15.000 dólares estadounidenses no lo pone al alcance de todos.

Honda, por su parte sigue desarrollando a ASIMO mostrándolo como el ayudante del futuro. No hay una fecha definitiva de su lanzamiento al público y de momento la aplicación de ASIMO es la de ser la imagen corporativa de la empresa, presentándose en multiplicidad de eventos, desde participar en coreografías escolares, hasta realizar visitas Reales, o ser presentador en el Festival de Cannes.

Ante tal panorama podemos cuestionar la existencia del robot humanoide, en cuanto a su finalidad práctica. ¿Para qué crear humanoides?, ¿por qué deben las máquinas parecerse a nosotros? Son preguntas validas cuyas respuestas no siempre nos pueden dejar plenamente satisfechos. Es común ver como respuesta que los robots son el resultado de satisfacer la curiosidad de los investigadores; o que sirven para inspirar a los estudiantes; por lo productivo que resulta en materia académica en el número de publicaciones; porque sirven de medio de entretenimiento; o porque algún día se encontraran sus aplicaciones prácticas (Kusuda 2002: 414).

El robot humanoide japonés responde a necesidades socioeconómicas de la realidad actual de Japón (las cuales se abordaran detalladamente más adelante), y sí constituye una nicho de mercado que empresas como Honda tienen en la mira. No por ello las primeras respuestas pierden su validez. La clave del carácter inspiracional o la curiosidad de los investigadores puede recaer en la cosmovisión que se ha formado en torno al robot a lo largo de los años, y que en Japón es fácilmente rastreable a través del estudio de la ficción en la literatura, el comic y la animación.

Recordemos que la primera interacción de los japoneses con máquinas de forma humana es a través de los *karakuri*. Éstos formaban parte del entretenimiento del pueblo japonés hasta finales de la era Tokugawa, ellos estaban perfectamente asimilados en la sociedad como parte de piezas teatrales, o elementos dentro de los festivales

organizados en los santuarios. Los mismos iban mejorando en aspecto y técnica y no fueron vistos como potencial amenaza (Bird 2009: 66-67). Sin embargo en el otro lado del mundo, quizá alimentada la imaginación por la revolución industrial, el progreso ya no solo era visto como fuente de felicidad, había que tomárselo con cuidado.

En 1818 se publicaba anónimamente *Frankenstein o el nuevo Prometeo* de Mary Shelley, que en occidente implicó un importante giro en la forma de percibir la búsqueda del conocimiento. En la novela, Víctor Frankenstein iluminado tras rigurosos estudios descubre la fórmula de la vida, y decide aplicar tal conocimiento al máximo nivel posible, concibiendo así su espantosa criatura. Este monstruo humano y no humano a la vez, está dotado de suficientes capacidades mentales para darse cuenta de su naturaleza, su soledad y el desprecio que la sociedad tiene hacia él. El mismo Frankenstein lo rechaza, y se contiene de realizar nuevos experimentos. El debate moral de la criatura y el creador continúa hasta que el primero en venganza, acaba con todo aquello que ama su creador, con el creador mismo y finalmente comete suicidio. La novela termina así; sin redención, en la oscuridad.

La originalidad de la novela radica en plantear las consecuencias de jugar con el fuego del conocimiento. De allí que la autora haya acertado al mostrar el relato como una renovación del mito de Prometeo, aunque con una importante diferencia:

Incluso la leyenda prometeica – como demuestra la labor de importantes estudiosos- cierra su relato con la reconciliación de Zeus y la apoteosis del Titán, transformado ahora en divinidad del fuego. En *Frankenstein*, sin embargo, el proyecto de reiniciar el ciclo primordial de la vida con el solo concurso de la ciencia y la voluntad del hombre obtiene un fruto novísimo aunque no insólito. La criatura de Frankenstein es lo esperado, lo consecuente con una creación antinatural. (Vega Rodríguez 2002: 151)

De tal forma que *Frankenstein* se convirtió en una advertencia sobre los riesgos de la ciencia, una constante que inunda la ficción occidental hasta nuestros días (Asimov [1978] 1992: 443).

Los otros dos ejemplos que rematarían esta trágica visión tecnológica son *R.U.R.* del checo Karel Capek y *Metrópolis* del alemán Fritz Lang. Ambas llegarían más de cien años después de *Frankenstein*, cuando Japón ya había iniciado su modernización.

Robots Universales Rossum conocida como *R.U.R.* es trascendental en la historia de la robótica ya que es donde se acuña por primera vez el término *Robot* como

derivación de la palabra checa “robotá” que significa “trabajo” (Capek [1920] 2003: 14). Es una obra en tres actos, y nos muestra una fábrica que produce robots para ser usados como mano de obra barata. Estos robots no son máquinas, sino organismos biológicos que diseñados para ser sumisos son enviados a todas partes del mundo. La obra termina con una revolución robótica, en la que no queda ningún humano vivo y los robots se imponen como la nueva raza dominante. La obra fue estrenada en 1920 y llegaría a Tokio en 1924 bajo el nombre *Jinzo Ningen* (Humano Artificial).

Metrópolis es una película que retrata a una sociedad dividida en dos clases bien diferenciadas que entran en conflicto. La clase obrera es llevada a su propia destrucción, y con ello a la destrucción de la Metrópolis, por un robot: María. Y solo tras quemar a la misma en la hoguera ambas clases logran la reconciliación. Esta película fue estrenada en Japón en 1929, dos años después de su estreno en Alemania.

En los tres casos el tinte subversivo de las criaturas es explícito. Y hoy en día su impacto mediático innegable. No obstante Japón parece pasar por alto estas advertencias. Pudo ser que la efervescencia de tal desdén occidental, ocurrió durante el aislamiento Tokugawa, cuando el acceso a la ficción inglesa era limitado. O quizá porque la primera traducción al japonés de *Frankenstein* no llegaría hasta 1934, cuando los japoneses estaban en lo mejor de su tecnificación. O aun llegando a los límites de la especulación, incluso si todas estas obras hubieran llegado a Japón previo a la modernización (Imposible para *R.U.R.* y *Metrópolis*), quizá la tradición religiosa hubiera funcionado como escudo ante tal perverso imaginario, como parecen indicarnos los *karakuri* en los santuarios.

Con la llegada de estas obras a Japón, los robots se expandieron rápidamente en el mundo artístico. Las ilustraciones de Mizushima Niou para el cuento *Jinzo Ningen Jidai*, o *la era del humano artificial*, muestran a robots con rasgos bastante humanos, prácticamente andróides, en interacción con personas comunes y corrientes (Imagen 5). Estas ilustraciones anticipaban la forma que tomaría el género de robots, sobre todo en el cómic de postguerra.

Desde luego no se puede afirmar que Japón estuvo exento de corrientes antimáquina. Con Meiji, los japoneses entran en la cultura del consumismo, de producción en masa que de muchas formas contrastaba con los valores tradicionales y esto debía denunciarse de alguna manera. Por ejemplo, el escritor Yumeno Kyusaku “miraba a las máquinas como entes tenebrosos capaces de desgarrar cuerpos humanos, y

las usaba para llenar de temor el corazón de sus lectores” (Nakamura 2007: 3). Yumeno también afirmaría que la ciencia fue una importación occidental que acabó con lo sagrado, lo bello y lo misterioso de la cultura japonesa. Como él, otros escritores usarían la imagen de la máquina como algo dañino, y son asociados al *ero-guro-nansensu* (erotic-grotesque-nonsense) corriente en el pensamiento que cubría los movimientos artísticos de la época.

Otros artistas no tendrían problemas con la tecnología, y la verían como la única solución para hacerle frente a la expansión occidental misma. Algunos estudiosos como Itagaki Takao consideraban a las máquinas como “un regalo de los dioses que promete la felicidad del proletariado” (Nakamura 2007: 6). Pero más allá de visiones nacionalistas, o no, referente a la ciencia, también encontramos ejemplos de un simple uso recreacional. *Tanku Tankurō* (Imagen 6), un comic infantil, nos muestra las aventuras de un pequeño ser que bien pudiera pasar por robot. Tiene el cuerpo en forma de una bola de hierro agujereado en cuya parte superior se encuentra la cabeza, pero sus miembros, como si de una tortuga se tratase, se retraen para luego aparecer como armas, alas o virtualmente cualquier cosa. *Tanku Tankurō* aparece en 1934 y producto de la época muestra escenas de combate en donde el pequeño “tanque” llega al rescate.

Con el final de la Segunda Guerra Mundial, el arribo de la bomba atómica es el siguiente punto de giro en la concepción de los robots humanoides japoneses. La bomba atómica, uno de los más grandes y destructores logros de la ciencia no logró convertir a las máquinas en seres malignos, al contrario, ante el escenario de la metrópolis destruida la misma tecnología es el elemento que da sustento a la vida.

La ficción de postguerra, en parte por las limitaciones impuestas por el gobierno de ocupación y sus nuevas reglas de censura, reflejadas en el *Press Code for Japan* del 19 de septiembre de 1945, no podía abordar el tema de la guerra como se había estado haciendo. Además, hablar de guerra era un constante recuerdo de la derrota japonesa lo cual no era rentable para las empresas editoriales (Power 2009: 35). De tal forma que el deseo de victoria y de superioridad debía trasladarse muy lejos, al espacio exterior o al futuro distante, y en vez de combatir contra los Aliados se combatía con monstruos radiactivos o científicos locos. En este escenario es que nace *Astroboy*.

Fue en 1951 cuando el médico y dibujante de *manga* Osamu Tezuka publica su *Tetsuwan Atomu*, conocido internacionalmente como *Astroboy* (Imagen 7). La historia trata de un niño-robot creado por el profesor Tenma, en reemplazo de su hijo muerto en

un accidente. Astroboy posee una serie de armas y capacidades que usa para vencer el mal, representado en diversas formas a medida avanza la historia. El mundo en el que vive Astroboy es una ciudad futurista donde los robots, humanoides en su mayoría, están completamente integrados a la sociedad, aunque Astroboy por mucho, es el más avanzado. La importancia de Astroboy yace en que este héroe robótico es fundamentalmente bueno y la humanidad puede depositar su seguridad con confianza en las manos del robot.

Las consecuencias de la guerra son un tema recurrente en las historias de Osamu Tezuka y él mismo confiesa que sus experiencias en ella fueron la principal motivación a la hora de crear sus obras (Power 2009: 36). Antes de *Astroboy*, Tezuka dibujó una prolífica colección de *mangas*, abarcando una pluralidad de temas, para todas las edades, y gracias al conjunto de su obra hoy es reconocido como “el dios del *manga*”. En *Astroboy* él deseaba perfilar un futuro pacífico en armonía con las máquinas y tuvo éxito. La publicación del *manga* se extendió desde 1951 hasta 1968, sin tener un final concluyente. La popularidad del mismo desencadenó una serie de adaptaciones televisivas primero en Japón y luego en Estados Unidos. La serie animada japonesa inicio en 1960 copiando la trama del *manga* original, pero pronto las necesidades comerciales fueron prevaleciendo e hicieron que el *Astroboy* animado tuviera determinados cambios no siempre del gusto de Tezuka, aunque bastante convenientes para perfilar el imaginario del robot humanoide.

El *Astroboy* animado y el *Frankenstein* de Mary Shelley, tienen importantes concordancias que hay que resaltar. Tanto el profesor Tenma como Victor Frankenstein tienen en sus manos el poder de la vida, y ambos usan dicho poder. Aunque las dos criaturas que resultan son diferentes en el exterior y el interior ambas sufren del rechazo del padre, pues Astroboy querido en un principio, se gana el desprecio del profesor Tenma porque con el transcurrir de los años el pequeño robot no crece, como crecería un niño normal. Tenma ante tal situación le da la espalda y lo vende al director de un circo alegando que por tratarse de un robot, lo puede vender así como se vende cualquier otro artículo. Luego Astroboy pasaría a ser el espectáculo del circo en donde es rescatado por otro científico, que se convierte en el protector del robot en el resto de la serie. Sin embargo Astroboy, bien sea por su ingenuidad, no desarrolla un sentimiento de venganza hacia su creador. La serie animada terminará en 1966, y su último episodio nos muestra al pequeño robot en la necesidad de salvar al planeta de una bomba nuclear

poderosa, decidiendo sacrificarse llevando la bomba y haciéndola estallar en el Sol. Tanto Astroboy como la criatura Frankenstein acaban con su propia existencia, pero con significados completamente diferentes.

El éxito de *Astroboy* estimuló la creación de muchos otros personajes robots en el *manga*. Notable es la aparición de *Tetsujin #28*, ó Iron Man 28, creado en 1954 por Yokoyama Mitsuteru, que nos muestra un robot gigante manejado por control remoto. Esta separación elimina la moralidad de la máquina, pues el hecho de que *Tetsujin #28* trabaje para las fuerzas del bien o del mal depende de que quien tenga los controles en la mano. De esta dupla nacerán todos los robots de la ficción posterior en Japón, *Astroboy* será padre de los completamente autónomos y *Tetsujin #28* de los robots comandados (Gilson 1998: 368).

La prole generada por ambos personajes es extensa, y en muchos casos la formula dramática se repetía con muy ligeras diferencias. No obstante hubo varias historias que fueron evolucionando el género moviendo la intensidad psicológica entre el humano y la máquina. El cuadro 1 resume los progresos en la ficción del robot humanoide japonés para el comic y la animación en donde se señala la diferencia en la presentación y forma del robot, o su importancia respecto a la interacción humana. Si bien todas ellas, poseen importantes diferencias, al menos es identificable un componente común: La simbiosis que existe entre el robot y el ser humano.

Para finalizar, y mostrar como dicha simbiosis existe en la ficción actual veremos los casos limite que se presentan a través de los animé *Ghost in the Shell* y *Neon Genesis Evangelion*. En ambos casos se nos muestra un Japón futurístico, tecnológico por completo, en donde los rastros de la tradición japonesa apenas aparecen, sobre todo en *Evangelion* en donde parecen no existir en absoluto. La tradición ha sido reemplazada por la tecnología y esta es omnipresente al punto que no existe forma de imaginar la sociedad sin ella. Por ejemplo, los personajes de *Ghost in the Shell* son seres humanos que han cambiado sus cuerpos de carne y hueso por cuerpos robóticos que emulan la figura humana a cabalidad. Todo en ellos es artificial, incluso sus cerebros que en caso de emergencia pueden ser trasladados en un maletín, como si fueran un simple disco duro. Entonces la naturaleza humana solo reside en el *Ghost*, algo así como el alma, que es la que habita estos cuerpos artificiales.

En *Neon Genesis Evangelion*, estamos ante un grupo de robots gigantes pilotados que deben proteger la tierra de la destrucción total que pretenden lograr unos

monstruos espaciales denominados *Ángeles*. Hasta aquí el cliché del género se cumple a cabalidad. Sin embargo la novedad se encuentra en que estos robots necesitan de un alma humana para funcionar, al no poderse obtener un alma artificial, se les provee una real a través de un piloto que los maneja, estos deben ser niños de catorce años, que al pilotar el robot se vuelven uno con él, ven y sienten lo que éste hace, lo cual es un factor dramático importante a la hora de librar las descarnadas batallas. Pero la verdadera amenaza no viene de los invasores *Ángeles*, sino del mismo interior, pues todos los personajes principales poseen un pasado caótico, y una personalidad vulnerable, que los hace débiles hasta la desesperación. Los pilotos necesitan de su robot en todo momento, es parte intrínseca de su ser, destruir el robot es destruirlos a ellos, más aun, al destruir los robots se acabaría la humanidad misma.

Ghost in the Shell y *Neon Genesis Evangelion* finalizan con la destrucción del robot. En la primera obra la destrucción de la protagonista viene acompañada a la vez de su apoteosis, ella se transforma en un nuevo ser al integrarse con el abstracto espíritu que gobierna la Red, el espacio virtual que conecta todos los cerebros artificiales. Y en *Evangelion*, sus dos capítulos finales nos muestran la lucha interna del protagonista por descubrirse a sí mismo, y al admitir su dependencia con el robot llega el renacimiento en forma de madurez. Con esta transición, el protagonista garantiza la permanencia eterna de la humanidad, a través de la unión de él y su robot, como se deja entrever en la película *The End of Evangelion*. Así, el robot es el mecanismo de la maduración y la permanencia.

Susan J. Napier (2005:103-116; 2007: 101:122), profesora de literatura japonesa y especialista en animé, compara estas obras con otras occidentales y sostiene que la diferencia se esconde en el resultado tras la destrucción de la máquina. En occidente, se debe destruir al robot para obtener la redención humana, tras ello, se reinicia el camino con la lección aprendida. En cambio, en Japón, destruir al robot es destruir a la realidad, reconfigurarla. Lo que surge después no es el humano aislado, sino que ambos, humano y máquina en comunión emprenden un nuevo camino. Condición que se cumple en las dos obras mencionadas, y en la mayoría del género futurista o tecnológico.

Con esta idea en mente crecieron muchos ingenieros japoneses que hoy trabajan en proyectos de robots humanoides. No es de extrañar que después de ver que metrópolis reales como Tokio, Osaka y otras elevaran sus edificios al cielo y fueran atravesadas por veloces tren bala, quisieran completar la imagen propuesta por los

mangas que leían de niños. Ya están todos los elementos, solo falta uno: El robot. Aunque aún no se logra poblar la ciudad con ellos, la sociedad continúa estimulando la imaginación de la siguiente generación (Imagen 8).

Si bien los robots humanoides reales no han logrado entrar en el mercado, al menos en la industria del entretenimiento, los de ficción, han demostrado ser muy rentables. Generalmente del *manga* se pasa a la animación, luego a películas de acción real, reelaboraciones e historias alternas, sin dejar de mencionar el merchandising. *Ghost in the Shell* y *Evangelion* salieron al aire en 1995, y para el 2011 y 2012 respectivamente, continúan estrenándose en el cine versiones renovadas de las historias originales. Las empresas y el concepto de robot han ido de la mano, por ejemplo, las jugueterías fueron las que motivaron la idea de los robots armables, en su afán de vender más juguetes por serie de televisión emitida. Es en esta relación donde la ficción y la realidad se mezclan. El robot humanoide y su público evolucionan a medida que evolucionan las estructuras económicas, privadas y públicas, pues en Japón, el papel del gobierno ha estado muy implicado en el proceso de robotización. Incluso el mismo Ministerio de Economía, Comercio e Industria ejecutó el millonario *Humanoid Robotics Project* donde se le pedía a un grupo de empresas y universidades el desarrollo de un robot humanoide funcional. Es por ello que también es necesario entender las relaciones institucionales que han formado al robotizado Japón actual, y estas relaciones son las que revisaremos en la siguiente sección.

El software y el hardware: Un asunto de sindicatos.

Los robots en la imaginación son un importante factor para comprender el desarrollo de la robótica japonesa hasta cierto punto. Sin embargo la robótica humanoide también responde a ciertas demandas más allá de la curiosidad nacida por el constante estímulo que reciben los japoneses en su vida diaria. La tasa de envejecimiento, el espacio de la vivienda, la dificultad de alterar el entorno, entre otras, son oportunidades que empresas como Honda ven en el desarrollo de humanoides.

La historia del robot humanoide real solo puede ser vista a través de la historia de la transferencia tecnológica y la innovación, que es donde reside su origen. Los *karakuri* en la era Tokugawa nos ejemplifican cómo los artesanos encontraron usos recreativos a los mecanismos del reloj. Luego la apertura de Japón y la Restauración Meiji permitieron importantes cambios en la forma que era vista la tecnología, que ahora se convertía en el arma y la herramienta para hacerle frente a las fuerzas invasoras. En estos tiempos de cambios y polarización del pensamiento, varios intelectuales jugaron un papel importante a la hora de esculpir la imagen del progreso técnico. Fukuzawa Yukichi (1871), por ejemplo, exaltaba los logros de occidente, y motivaba a los jóvenes a aprender la ciencia y las lenguas extranjeras, a la vez que trataba de alejar la influencia china, como algo obsoleto y técnicamente innecesario (Knauth, 1992:16).

Fueron muchos los extranjeros que se desplazaron a Japón incorporándose a la industria privada así como participando en los proyectos del gobierno. Ellos formaron a la nueva generación de japoneses, que reuniéndose en asociaciones profesionales parecidas a los gremios occidentales, pero diferentes en su carga innovadora, se transformaron en los líderes creativos de la nación, reemplazando a sus profesores foráneos poco a poco. Las empresas empezaron a crecer y alimentándose unas de otras en círculos muy estrechos nacieron los *zaibatsu*, “grandes grupos industriales y financieros, dirigidos por una o varias familias y favorecidos por el Estado que llegaron a controlar casi todos los campos de la actividad económica” (Valdaliso y López 2007: 280). éstos para garantizar su competitividad debían buscar sus propios modelos de innovación y adaptación a la tecnología, entre sus técnicas estaban la implementación de academias especializadas de alto nivel donde sus empleados eran entrenados rigurosamente, algunos eran enviados al extranjero para aprender de primera mano las técnicas más avanzadas desde el área textil hasta la mecánica de los buques de guerra.

Los *zaibatsu* también adquirirían maquinaria extranjera, con el propósito de examinarla, copiarla y mejorarla.

Ante esta explosión de conocimiento el gobierno también se preocupó de salvaguardar su nuevo patrimonio inventivo, por lo que estimuló la investigación y el desarrollo a través de una buena *ley de patentes*, además de la creación de centros estatales de investigación que a su vez respondían a las necesidades que las guerras traían en materia de innovación armamentística.

Durante este periodo las interacciones económicas y socioculturales apuntaban a favor de la tecnología en la medida que ésta fuera lo suficientemente útil para ayudar al imperio japonés a alcanzar sus objetivos. Pero será hasta después de 1945 en que estas interacciones se vuelven evidentes en su relación con los robots humanoides. Ya se mencionó el caso de la ley de censura y la industria editorial, pero también el sector de la manufactura tuvo su parte a través de la fabricación de juguetes.

Para la reconstrucción de Japón se requería de una industria intensiva en mano de obra y de materia prima fácil de obtener. Los juguetes cumplían bien esas características, particularmente los robots de hojalata (Imagen 9) que eran exportados a Estados Unidos. Japón realizaba de esta manera una transición de la industria textil a otra industria donde la innovación y la tecnología estaban más estrechamente vinculadas. Este patrón de desarrollo hoy es conocido como *el modelo de los gansos voladores*, el cual explica el desarrollo económico de la región asiática haciendo alusión a la formación en V que realizan los gansos al volar. El líder, en este caso Japón, se desplaza de acuerdo a su desarrollo de un modelo de producción a otro, generalmente de uno muy intensivo en mano de obra a otro intensivo en capital y tecnología. A medida avanza de un rubro económico a otro más sofisticado, deja tras de sí espacios disponibles que son explotados por otros países, y estos a su vez al avanzar, crean espacios de desarrollo para los participantes posteriores, de esta forma Japón ha sido conocido como la cabeza de la bandada, y la industria del juguete podría considerarse una etapa intermedia. El problema con el mercado del juguete es que cambia frecuentemente sus preferencias en cuanto a diseño. Los ingenieros de estas empresas debían estar atentos al constante cambio para hacerle frente a la demanda, de esta forma se comenzó a estrechar la relación de los juguetes con los personajes ficticios. Las manufactureras empezaron a vender modelos de los personajes de la televisión haciendo que las ventas crecieran rápidamente, eso provocaba una lucha entre los fabricantes por

crear los robots de mejor calidad, o con mejores cualidades. De allí nació la idea del robot armable a partir de robots más pequeños, que luego fue trasladada a la televisión. También apareció la idea del robot que puede convertirse en avión o vehículo, concepto tan exitoso que fue el primer diseño de juguete en obtener un copyright, además, en 1983 tras la asociación de la empresa Hasbro-Bradley con la japonesa Takara, la idea sería exportada causando un gran impacto mediático en los Estados Unidos donde fueron conocidos como *Transformers* (Schodt 2011: 96-97). Con el tiempo la industria del juguete se iría exigiendo más, incorporando tecnologías de punta como memoria, reconocimiento de voz y sensores, muy comunes en los robots de juguete actual.

La industria del juguete nos ofrece una buena fotografía de las interacciones entre el desarrollo industrial y el imaginario del robot después de la guerra. Y es durante esta época que Japón despliega su programa de desarrollo ocasionando importantes cambios en la dirección empresarial y en las políticas de Estado. El crecimiento en el Japón de posguerra tiene una serie de características que favorecieron la entrada de los robots. El nuevo sistema de gobierno, mandaba a desaparecer a los *zaibatsu*. Con la destrucción de las cerradas relaciones interempresariales y monopolistas, cambió el sistema gerencial. Nakamura (1990: 213) señala que los antiguos administradores-propietarios eran reemplazados por administradores-empleados, y estos se encargaron también de despedir a los líderes de los círculos financieros. Estos nuevos gerentes provenían de la clase media, y fue su capacidad directiva la que sacó a Japón adelante. Para empezar, con ellos se pasa del modelo de capital propio al de capital ajeno, es decir préstamos que eliminan las limitaciones asociadas al capital-propietario, pudiendo expandir fácilmente sus plantas y adquirir maquinaria. Las relaciones obrero patronales también fueron saludables, sobre todo a partir de los años cincuenta, en que a los sindicatos se les garantizaba el trabajo vitalicio, incremento salarial por antigüedad y la desaparición de los despidos masivos, lo cual garantizó la fidelidad de los obreros con sus empresas. Finalmente para 1957 el gobierno implementa la *ley de fomento de la electrónica* y la *ley de fomento para la racionalización de las empresas*. Ambas constituían un ambicioso proyecto que apoyaba investigaciones y pruebas para el desarrollo de calculadoras electrónicas e instrumentos industriales para la automatización (Con lo que podemos observar nuevamente el cumplimiento del modelo de los gansos voladores, siendo Japón la cabeza de la región en cada etapa. El éxito del modelo se justifica precisamente en la adopción de sistemas que promueven la

innovación tecnológica). Algunas empresas como Honda aprovecharon esta situación para incrementar su inversión en investigación y desarrollo. Honda que ya era famosa por sus motocicletas, decidió en 1960 separar todos sus departamentos de ingeniería y unirlos en un solo cuerpo institucional llamado *Honda Research and Development* que funcionaría de forma independiente a Honda Heavy Industries con la intención de no estar sometidos solo a las demandas de la empresa, sino que tuvieran toda la libertad de innovar desde las más diversas perspectivas (Honda Worldwide 2012: 1-9). Esta separación, como lo demuestra ASIMO, tuvo y tendrá importantes implicaciones en el futuro.

Por su parte en Estados Unidos se estaba introduciendo la automatización a través de la implementación de los sistemas de Control Numérico y el de Grabación-Reproducción. El primero era más costoso y requería un trabajo bastante especializado para realizar la programación de los movimientos en las máquinas, el segundo en cambio, era más barato y fácil de utilizar pero no había una reducción importante de mano de obra. Para las empresas estadounidenses el control sobre la producción era fundamental debido al temor que tenían por futuras huelgas, con ello el Control Numérico se impuso en un principio (Valdaliso 2007: 407). Esta situación influyó en que en Estados Unidos la tendencia en general favoreciera al software antes que al hardware. Es en este contexto, el de la empresa estadounidense receloso de sus sindicatos y la japonesa en paz con ellos, que nace finalmente el robot real.

El primer robot aparece en 1954 en forma de patente y hasta 1959 como producto. Se trata del *Unimate* desarrollado en Estados Unidos por Joseph Engelberger y George Devol. En un principio esta máquina era llamada *Programmed Article Transfer*, y consistía en un brazo hidráulico capaz de realizar 150 secuencias de movimiento. Fue pensada para ser una máquina universal que pudiera hacer cualquier cosa en cualquier tipo de industria. Durante su desarrollo no hubo ninguna asociación con la palabra robot. Para 1959 a cualquier empresario que le hablaran de robots, pensaría inmediatamente en seres como los de *R.U.R.* o María de *Metropolis*. Sin embargo Engelberger a la hora de comercializarlo, en vez de dejarle el nombre técnico, decidió llamarlo robot porque era admirador de Isaac Asimov, novelista que luchaba por reivindicar la imagen de los robots en la ficción (Schodt 2011: 36). A partir de ese momento quedaría bifurcada la idea del robot, los de la realidad serían brazos mecánicos industriales, y los de la ficción se asociarían directamente como humanoides.

Aunque desde el principio hubo una tendencia natural a antropomorfizar el robot industrial. El *Unimate* era considerado un “brazo” mecánico, y como tal sus otras partes eran identificadas como “mano”, “muñeca” y “hombro” además “aprendía” a través de los controles numéricos incorporados.

Sin embargo la situación en casa no fue favorable para el *Unimate*, sino que fue la industria japonesa que vio en esta máquina grandes oportunidades de crecimiento. Las razones para que el *Unimate* se desplazara al otro lado del mundo son varias. El robot era un producto nuevo que a pesar de brindar una mejora en el proceso de producción requería muchas atenciones técnicas para que funcionara con propiedad. Los empresarios estadounidenses, acostumbrados al Control Numérico, a la maquinaria fija, y al software recelaron de los atributos que les ofrecía el nuevo aparato. Además el precio del mismo era elevado, haciendo que el retorno a la inversión fuera en un largo plazo. La industria de Estados Unidos por ley tenía que reportar constantemente su situación financiera con lo que las grandes inversiones de largo plazo no eran del gusto común (Schodt 2011: 109). Japón en cambio presentaba un panorama diferente, no debían reportar los estados financieros con la regularidad americana, y estaban acostumbrados a los retornos a largo plazo. Además el gobierno ofrecía buenos subsidios a toda inversión dirigida a la racionalización de la empresa.

Las empresas japonesas además, tenían mucha confianza en sus procesos de producción, por lo que decidieron en vez de importarlo, hacerlo ellos mismos. Tras negociar con Engelberger obtuvieron el permiso de fabricación y para 1969 ya se estaba operando el primer *Unimate* japonés en la planta de la que hoy es Kawasaki Heavy Industries (Imagen 10). Cada empresa donde era incorporado el *Unimate*, empezó a adaptarlo a sus propias exigencias marcando la tendencia actual dentro de la industria japonesa, de que por lo general cada empresa fabrica sus propios robots (Kazuo 2004: 6).

Otro aspecto determinante en la asimilación de los robots en Japón, fue la forma en que estos eran vistos por los operarios. Los robots eran incorporados como una herramienta de trabajo que los acercaba a la calidad requerida por el mercado, los empleados buscaban a toda costa mantener la operatividad de la máquina y era motivo de vergüenza que la misma se dañara en su turno de trabajo. Sentimiento que tiene raíces en los estrechos vínculos que genera la empresa japonesa con sus empleados incentivando un alto grado de fidelidad con la misma, de allí que la identidad del japonés sea relacionada, en muchos casos, antes con la empresa que con la familia

(Sugimoto 2002: 98; Villasanz 2003: 9-10). En cambio el empleado americano, señala el propio Engelberger, a veces facilitaba el deterioro del robot para obtener unas horas de descanso. Esta diferencia en la interacción de los obreros con las máquinas, determinó que las innovaciones de la industria japonesa se orientaran a la mejora de la interfaz de operaciones. Haciendo que los japoneses se esforzaron en el desarrollo del hardware.

La robotización se extendió rápidamente en la industria japonesa, y después serían sus propias innovaciones las que harían de Japón el primer usuario de robots y un gran exportador de los mismos. Sin embargo en los últimos años la escena robótica está cambiando, otros países se suman a la robotización industrial y los robots de servicio, en donde suele catalogarse los robots humanoides, crece aceleradamente. Hoy en materia de innovación robótica para la industria, tanto las empresas japonesas como las europeas parecen librar una importante batalla (CEA 2007: 26). La participación de los europeos en el sector robótico coincide con los japoneses en la identificación de necesidades asociadas a la vejez de su población y escasez de mano de obra barata, además de la existencia de una fuerte inversión en investigación y desarrollo cuyo origen no solo proviene de los gobiernos sino también del sector privado.

Por otra parte, en el uso de robots industriales Corea del Sur y China se están levantando, el primero en densidad de robots por cantidad de empleados, y la segunda en el número de importación de robots. Sin embargo Japón lleva la ventaja en cantidad instalada de robots operativos (IFR 2012, 14).

La llegada del *Unimate* a Japón y la expansión del robot industrial, terminan de cerrar el esquema en que ve su nacimiento el primer robot humanoide, que como vimos fue desarrollado en la Universidad de Waseda. WABOT - 1 desencadenó el interés por los robots humanoides tanto en los centros de investigación privados como públicos, y desde entonces mantienen una estrecha relación (Office of Japan Affairs, Office of International Affairs, and National Research Council 1990: 15). Y los resultados de estas investigaciones son las que han logrado desarrollar los modelos como ASIMO, que junto a otros nos están dando una anticipación del futuro cercano.

El valle inquietante: ¿Cruzarlo o no?

La Federación Internacional de Robótica estima que para el 2015 la población mundial de robots humanoides podría ser de 11.000 unidades. Un número pequeño comparado con otras máquinas que vemos a nuestro alrededor como los coches y los ordenadores, sin embargo el crecimiento en relación a años anteriores es significativo. Los robots humanoides son parte de la categoría de los robots de servicio, término que engloba a todos los robots que entretienen, educan, y colaboran en tareas de la casa y de la oficina; en términos generales son los que interactúan con un público que no posee necesariamente conocimientos avanzados en materia tecnológica. Esto es sumamente importante pues las interfaces que los robots ofrezcan básicamente serán el factor determinante a la hora de escoger entre una y otra marca de robot.

Los robots humanoides poseen unas propiedades maravillosas. La más importante, y obvia, es que se parecen a nosotros. Que el robot se parezca a las personas tiene una significativa repercusión, y es que en general los seres humanos preferimos la interacción cara a cara antes que otros tipos de comunicación (Clayes y Anderson 2007: 494). La cultura que adquirimos durante el desarrollo nos permite identificar fácilmente cuando alguien está alegre o molesto, cuando alguien al caminar se equivoca de dirección, o al hablar comete un error. Entonces podemos decir que sabemos manejar la interfaz humana. Esto no es aplicable si nos comparamos con otros “dispositivos inteligentes” como el ordenador, al cual en principio debemos aprender cómo usarlo, desde donde hacer el “clic” o incluso como pulsar las teclas. Cuando la computadora muestra un error no todos los usuarios son capaces de identificar la causa con la misma facilidad. En el caso del vehículo, que podría considerarse una máquina más torpe, el desconocimiento de su interfaz se vuelve hasta peligroso. Se espera que los robots humanoides sean capaces de aprender a la vez que nosotros los podamos leer con igual facilidad.

El hecho que se parezca a nosotros no solo ofrece comodidad al usuario, sino que también le es favorable al entorno, ambiental y económico. Un coche para funcionar necesita espacio, que existan caminos, que los usuarios conozcan todas las reglas, y que hayan fuentes de suministro de energía a distancias regulares. El robot humanoide necesita las mismas condiciones, el punto está en que ya lo tenemos todo, y no tenemos que alterar el entorno para poder introducirlos. Los robots como ASIMO,

tienen manos capaces de girar el pomo de una puerta, abrir un grifo, y destapar una botella. Sus manos también se adaptan para sujetar los objetos que hemos creado y que son de formas tan antojadizas. Ellos pueden caminar por nuestros pasillos, usar el ascensor, o bajar por las escaleras. Pueden identificar los obstáculos de nuestro desorden en el suelo y evadirlos, también son capaces de reconocer gestos, rostros y comandos de voz entre otras habilidades (Honda 2007: 22). Estamos ante una de las pocas máquinas que se adapta a nosotros y a nuestro estilo de vida, y no al revés. Este aspecto de la adaptabilidad al entorno es fundamental en Japón, en donde el espacio es escaso y renovar el modelo de la vivienda para introducir un aparato de ayuda es prohibitivo.

En la industria también tendría aplicaciones especiales, pues la maquinaria está ergonómicamente diseñada para ser usada por el ser humano, por tal razón un humanoide y un empleado, sobre todo en trabajos de alto riesgo, bien podrían ser intercambiables. Robertson (2007: 372) también identifica que los empleadores japoneses tendrían preferencia por un humanoide antes que mano de obra humana, especialmente inmigrante, porque los robots carecen de diferencias culturales y memoria histórica, que de alguna forma entran en conflicto con la hegemonía japonesa.

Sin embargo los ejemplos actuales serán introducidos como asistentes domésticos. Están siendo pensados para la envejecida población japonesa, y para las personas de movilidad reducida. Los robots deben ser capaces de entender comandos de voz y hasta cierto punto comprender lenguaje no verbal para ser una buena compañía en lo práctico y quizá en lo emocional. La carga emocional también es importante, por eso se le presta tanta atención al diseño y al estudio sobre cuánto o en qué manera debe un robot parecerse al hombre. El rostro del robot es fundamental sobre todo, si será lo primero que el usuario vea al levantarse por la mañana.

Mori Masahiro (1970), profesor del Instituto de Tecnología de Tokio, se dedicaba al desarrollo de manos robóticas con la esperanza de que sirvieran de prótesis. Él desarrolló una idea en base a sus observaciones sobre el impacto psicológico que causaban sus creaciones. La prótesis de una mano, decía, puede copiar exactamente en color y forma a una mano real, a la distancia no se notaría la diferencia, pero cuando la tocas y no encuentras ni la temperatura ni la textura que esperas, te causa una sensación extraña. Lo mismo ocurre con un cadáver, que posee todos los rasgos de cualquier persona, pero su inmovilidad nos hace percibir de inmediato una sensación de incomodidad. Los movimientos automáticos de los robots, por mucho que éstos logren

copiar una parte humana, despertarán en el observador una sensación de inquietud. Mori racionalizó esta sensación de incomodidad y creó con ella un esquema conocido como *la hipótesis del valle inquietante*, o *bukimi no tani*.

Mori plantea un gráfico (Imagen 11) en donde *la afinidad* que una persona siente respecto a un objeto está en función del *parecido con la forma humana*. Así, cualquier cosa o ser, entre más se parezca a un ser humano, más comodidad nos hace sentir. De esta forma la gráfica va creciendo a medida crece el parecido, pero llegamos a un punto tal en que el parecido es demasiado cercano pero no exacto al ser humano, y esa ligera imperfección hace caer la curva, y por tanto la afinidad, de manera dramática (obsérvese cómo se intensifican los picos al agregarle movimiento). El gráfico se eleva nuevamente hasta llegar al ser humano saludable, que desde luego es idéntico al ser humano y por tanto nos despierta la máxima afinidad. Concretamente ese descenso es el valle inquietante.

Para cuando Mori publica su idea, todavía la universidad de Waseda no había ensamblado a Wabot -1 que aparece hasta 1973, con lo que el esquema de Mori se antepone incluso a la llegada del primer robot humanoide. Esta es una posible causa que hiciera que la idea del valle inquietante permaneciera oculta por un buen tiempo, hasta que la evolución en el diseño de los robots la hizo entrar de nuevo en vigencia. Aunque Mori publicó su idea basado en pura experiencia, y no en un experimento científico, hoy la hipótesis ha quedado validada por otros investigadores. Ya no es asunto de comprobar si el valle existe, sino de descubrir por qué existe (MacDorman 2005; The Economist 2012).

La figura de WABOT-1, el primer humanoide, estaba distante de parecerse mucho al cuerpo de un ser humano, es decir que tenía una afinidad muy baja. Aun así tenía un tronco y extremidades bastante robustos, en donde se encontraban los actuadores y dispositivos que le daban movilidad, tomando en cuenta que dichos dispositivos estaban en fases de desarrollo, puede considerarse un gran logro por parte de Katō Ichirō y su equipo el haber incorporado toda esta tecnología en una máquina antropomorfa, que después de todo, necesariamente tenía que ser más compacta que una máquina industrial.

Tanto Katō Ichirō como Mori Masahiro continuaron sus investigaciones en la robótica, el primero continuó refinando la serie Wabot y el segundo continuó con los estudios de robótica para prótesis y estudios teóricos. Mori en 1974 publicaría una serie

de ensayos, donde trata de acercar la tecnología robótica con la religión, específicamente con el budismo, él defiende que “entre más mecanizada se vuelva la civilización, más importantes serán las enseñanzas de Buda” (Mori 1981: 57). En estos ensayos Mori atiende el tema de la relación entre lo orgánico y lo inorgánico, así como el hombre y la máquina como un conjunto inseparable. La máquina no es ni buena ni mala, pero el hombre debe crearlas de tal manera que calmen su espíritu en caso que este se vuelva violento. Las enseñanzas de Mori tendrían impacto a través de sus estudiantes que luego se convirtieron en los ingenieros de empresas altamente robotizadas.

En 1989 uno de los estudiantes de Mori fue llamado para trabajar en un proyecto secreto. Su nombre es Takenaka Toru, y se le pidió hacer que un robot caminara de manera independiente. Se trataba de los laboratorios de Honda Research and Development, en donde desde 1986, trataban de alcanzar la movilidad bípeda autónoma. Takenaka quien admite haber aprendido del profesor Mori la forma en que las personas deben relacionarse con las cosas, y cómo se debían crear las cosas (Japan Patent Office 2005: 1), puso su empeño en el proyecto, empezando a estudiar los pies del robot prototipo que en ese entonces era denominado *E2* (Electronics 2), el primer robot que podía caminar de forma dinámica, además de subir y bajar escaleras, sin embargo *E2* aún era solo un par de piernas robóticas (Imagen 12).

La mejora en el diseño de piernas robóticas continuaría con la serie E hasta 1993, en donde el robot *E6*, evolucionaría a *P1* (Prototype 1), ahora sí un humanoide completo. Pero fue en 1996 con su sucesor el *P2* que se logra un robot capaz de caminar sin cables que lo conecten a un ordenador, ni ayuda externa, por tanto el primer robot humanoide independiente en el mundo (Hirose y Kenichi 2006: 13). Con ese éxito Honda salió del secreto y anunció sus logros de manera pública. Esto fue muy importante ya que hizo que Japón aumentara aún más su confianza como pionero tecnológico.

Para 1998, el gobierno japonés lanzaría el *Humanoid Robotic Project* gestionado por el Ministerio de Economía, Comercio e Industria. Este proyecto de cinco años de duración, reunía doce empresas privadas y siete universidades con el propósito de desarrollar robots humanoides. La plataforma base fueron tres robots *P3* que se le compraron a Honda (Kusuda 2006: 12; Asano 2003: 116). Tras hacerle varias modificaciones lo transformaron en el modelo *HRP-1*. Sin embargo tras su finalización en 2003 el gobierno no le dio continuidad al proyecto teniendo las empresas y

universidades involucradas que continuar por su cuenta. En especial Kawada Industries y el Instituto Nacional de Ciencia Industrial Avanzada y Tecnología son las responsables de mantener el proyecto vivo hasta nuestros días.

Takenaka, el alumno de Mori, se hizo cargo de todo el proyecto de Honda, y siguiendo los pasos que le aconsejó su maestro desarrolló, después de la serie P, a ASIMO que fue expuesto al público por primera vez en el año 2000. El modelo sobrio de ASIMO responde al primer pico del valle inquietante, parece humano, pero lo suficientemente alejado de la forma humana para garantizar la mayor afinidad posible con el usuario. En cambio los derivados de la serie HRP-1 del *Humanoid Robotic Project* evolucionaron agregándole características mucho más humanas, como un rostro expresivo y cabellera. Estas características fueron un añadido por parte del Instituto Nacional de Ciencia Industrial Avanzada y Tecnología que también está interesado por estudiar la interacción de las personas con un robot que se parece mucho a un humano, así ellos denominan a este HRP4C y tiene la apariencia de una mujer. Por su parte Kawada Industries usando la misma plataforma ha decidido no darle a sus robots ni rostro ni manos humanas, sino dejarlo como un robot que parece sacado de un *manga* moderno. Ellos lo llaman simplemente el HRP4 (Imágenes 14 y 15).

Hay que destacar las implicaciones del valle inquietante si queremos imaginar el futuro robótico que le espera a Japón, y después a todos. Como lo ejemplifican Honda y Kawada, para las empresas es más seguro mantenerse dentro del rango positivo de afinidad, y evitarán cruzar el valle. En cambio las universidades y los centros de investigación, que no tienen que temer a las reacciones del mercado pueden experimentar libremente con él, por tal razón es común que estudien la teoría de Mori, haciendo exclusivamente rostros mecánicos, o creando robots humanoides con alto grado de realismo. Sin embargo, mientras estas instituciones no descifren cómo garantizar la comodidad de las personas al ver un robot inquietantemente parecido a nosotros, podríamos esperar que los humanoides se seguirán pareciendo a ASIMO.

En 2011, Honda reveló la última versión de ASIMO con grandes mejoras en su movilidad al caminar y manipular objetos (Imagen 13). “ASIMO tiene un diseño estimulante” dice Mori en una entrevista realizada en junio del 2012 (Kageki 2012) quien aconseja a los creadores tratar de no cruzar el valle, pues según Mori es más interesante que siempre exista esa diferencia en humanos y robots. Y para tranquilidad de Mori todo apunta a que será así.

Conclusión

Los orígenes de la receptividad tecnológica japonesa son muchas y de compleja relación. Buscar una causa determinística sería un enfoque limitante que dejaría fuera importantes conexiones que moldearon el camino de Japón hacia una sociedad robotizada. Por tal razón se han expuesto los hechos, los personajes y las ideas que de manera interrelacionada han contribuido a que el país asiático lograra consolidarse como pionero en el desarrollo de robots humanoides.

Las condiciones iniciales fueron similares. A finales del siglo dieciocho ya existían los autómatas en Europa y los *karakuri* en Japón, ambos mecanismos provenientes de la tradición relojera. Pero solo el recorrido histórico particular del archipiélago hizo posible que éste viera en las máquinas humanoides una posible solución práctica a dificultades sociales de la actualidad.

Dentro de tal recorrido se encuentra el papel de la ficción en donde personajes como *Tanku Tankurō*, *Astroboy* y *Tetsujin #28*, contribuyeron a destruir la infortunada imagen de los robots y el progreso científico promovida por *Frankenstein*, *R.U.R.*, *Metrópolis* y similares. De esta forma la idea de la máquina como algo perverso no pudo asentarse, y la ficción japonesa siguió retratando al humano y la máquina en una relación indisoluble.

Por su parte la industria, desde el principio tuvo un rol activo en la mimesis de la tecnología occidental, se mostró propositiva e innovadora. Recibió con los brazos abiertos la llegada del robot industrial, tanto por los estímulos del gobierno hacia ese tipo de tecnología, la visión a largo plazo en las inversiones y por las buenas relaciones entre patronos y sindicatos. La interacción de los obreros con los robots empezó a ser tema de interés y los japoneses se decantaron por el desarrollo del hardware y con ello una conexión mucho más estrecha entre el hombre y la máquina.

En este contexto aparece el primer humanoide del mundo, Wabot 1, que incorporaba lo más avanzado en tecnología de la época. Este robot era mucho más que la simple reunión de elementos tecnológicos existentes, sus creadores compactaron, agregaron y eliminaron tecnología, por lo que su naturaleza innovadora es innegable. Sus sucesores se volverían iconos para Japón, haciendo que otras empresas empezaran a

sumarse a la competencia por alcanzar el robot autónomo. La primera en lograrlo fue Honda con el P2 abuelo de ASIMO. Los robots de Honda no solo fueron tecnológicamente superiores, sino que también estaban diseñados para estar en el área de confort psicológico necesario para interactuar en la sociedad. Esta zona de confort fue retratada de manera brillante por Mori Masahiro y su hipótesis del valle inquietante. Gracias a esta idea, ahora se puede pronosticar que los robots humanoides, en cuanto a diseño, tendrán una imagen sobria como la que propone ASIMO. Seguirán pareciéndose a niños, tanto en su voz como en la forma de interactuar, pero se evitará el detalle humano excesivo, de esta forma podremos disminuir una actitud agresiva hacia ellos, a la vez que ellos proyectarán una imagen inofensiva para nosotros.

Hay que notar que los robots humanoides, así como otros productos de la tecnología, han pasado en un primer momento por una etapa de lento desarrollo, desde los autómatas hasta los primeros prototipos. Luego un rápido avance, desde las piernas mecánicas hasta ASIMO en un periodo de menos de veinte años. Ahora entran nuevamente a una etapa pausada, en donde los avances son menos notables ya que se dirigen, aparte de las mejoras en el diseño mecánico, a su impacto psicológico y su forma de ingresar a la sociedad, momento clave para las empresas que piensan comercializarlos.

Las empresas hoy se interesan en la producción de humanoides, de cara al envejecimiento de la población japonesa, las limitaciones de espacio en las viviendas, y lo fácil que es introducirlos sin hacer cambios al entorno. Estas son las razones que explican la búsqueda lucrativa por parte de los fabricantes, pero ellos no se atreverían a colocar tan rompedor producto si la sociedad japonesa, gracias a su trayectoria, no estuviera dispuesta a recibirlos.

Apéndices:

Cuadro 1:

Hitos del robot humanoide en el comic y la animación japonesa.

Obra	Importancia
<i>Tanku Tankurō</i> Manga, 1934 Sakamoto Masaki	Primer héroe tipo máquina.
<i>Astroboy</i> Manga, 1951 Osamu Tezuka	El robot es bueno, podemos confiar en él. La sociedad y los robots viven en armonía.
<i>Tetsujin #28</i> Manga, 1956 Yokoyama Mitsuteru	El primer robot tele operado. La máquina no es buena ni mala, depende quien la controle.
<i>Mazinger Z</i> Manga, 1969 Go Nagai	El primer robot tripulado.
<i>Getta Robotto</i> Animación, 1974 Go Nagai e Ishikawa Ken	El primer robot gigante que se arma a partir de máquinas más pequeñas. Tres naves de combate en este caso. Además de ser la idea de partida para las series de acción real <i>Super Sentai (Power Rangers)</i> que han gozado de mucha popularidad hasta nuestros días.
<i>Mobile Suit Gundam</i> Animación, 1979 Tomino Yoshiyuki	Se borra la línea divisoria entre el bien y el mal, se centra en la compleja personalidad de los humanos, y los robots se convierten en trajes de combate para defender los intereses de cada grupo. La intrincada trama gusta a públicos más adultos.
<i>Ghost in the Shell</i> Manga, 1988 Masamune Shirow	La condición del robot y del humano llevada al límite. Los humanos solo son humanos en cuanto poseen “el Ghost” (¿alma?), Pues todo lo demás de su cuerpo, incluso el cerebro, es artificial y reemplazable.
<i>Neon Genesis Evangelion</i> Animación, 1995 Hideaki Anno	El robot como proceso de transformación y permanencia. Los robot son parte de la vida de los protagonistas, y a través de ellos la humanidad pretende alcanzar la inmortalidad.
<i>Serial Experiments Lain</i> Animación, 1998 Nakamura Ryūtarō	La Inteligencia Artificial, representada por la Red o el Internet, se diluye con la realidad. Establecer los límites entre lo real y lo virtual se hace imposible y al final innecesario.

Fuente: Elaboración propia a partir de Gilson (2011: 368) y Napier (2007: 102-107).



Imagen 1:

El servidor de té (*Cha hakobi ningyō*). Página del *karakuri-zui* por Hosokawa Hanzō en 1796.
Fuente: Trustees of the British Museum (2012).



Imagen 2:

El arquero (*yumi iri doji*). Réplica del *karakuri* inventado por Tanaka Hisashige
Fuente: Nipponia (2006: N°38 en “Vivir con robots”)

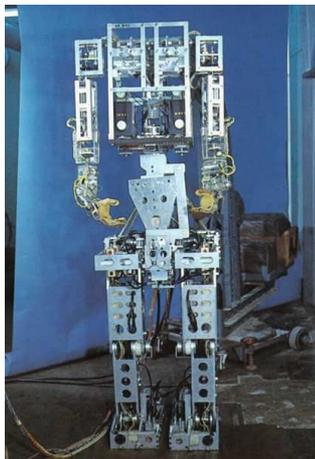


Imagen 3:

Wabot-1. El primer robot humanoide.
 Desarrollado por Katō Ichirō,
 Universidad de Waseda 1973.
Fuente: Siciliano y Khatib (2008: 1310)



Imagen 4:

Wabot-2. Robot que podía leer una partitura y tocar el piano con sus dos manos y piernas. Universidad de Waseda 1985.
Fuente: Siciliano y Khatib (2008: 1310)

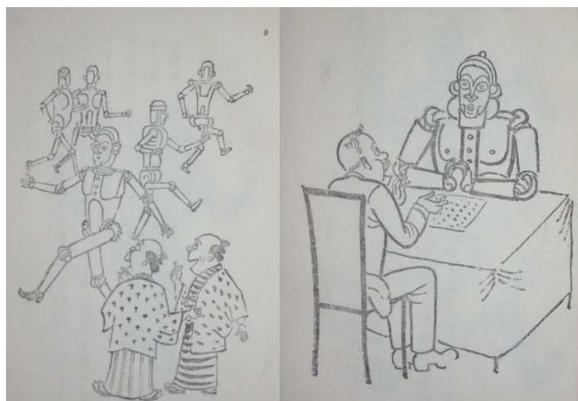


Imagen 5:

Ilustraciones de Mizushima Niou (1923), para el cuento *Jinzo Nigen Jidai* ó *Era del humano artificial*.
 Fuente: Chiko (2009: en “*Kenbutsuzaemon: Mizushima Niou*”)



Imagen 6:

Tanku Tankurō convertido en avión de combate. Sakamoto Masaki 1934.
 Fuente: Schodt (2011: 73)



Imagen 7:

Portadas de *Astroboy* para la revista *Shōnen* en 1964 y 1966.
 Fuente: Schodt (2007: 13-14)



Imagen 8:

Modelo de tamaño real (18 metros) de un *Gundam* ubicado en Tokio. Puede realizar pequeños movimientos e incorpora efectos de luz y sonido.
 Fuente: The Asahi Shimbun (05 de marzo 2012 en “*Anime News*”)



Imagen 9:

Réplica de *Atomic Robot Man* un juguete de hojalata que Japón exportaba a finales de los cuarenta a Estados Unidos, eran fabricados con latas recicladas.

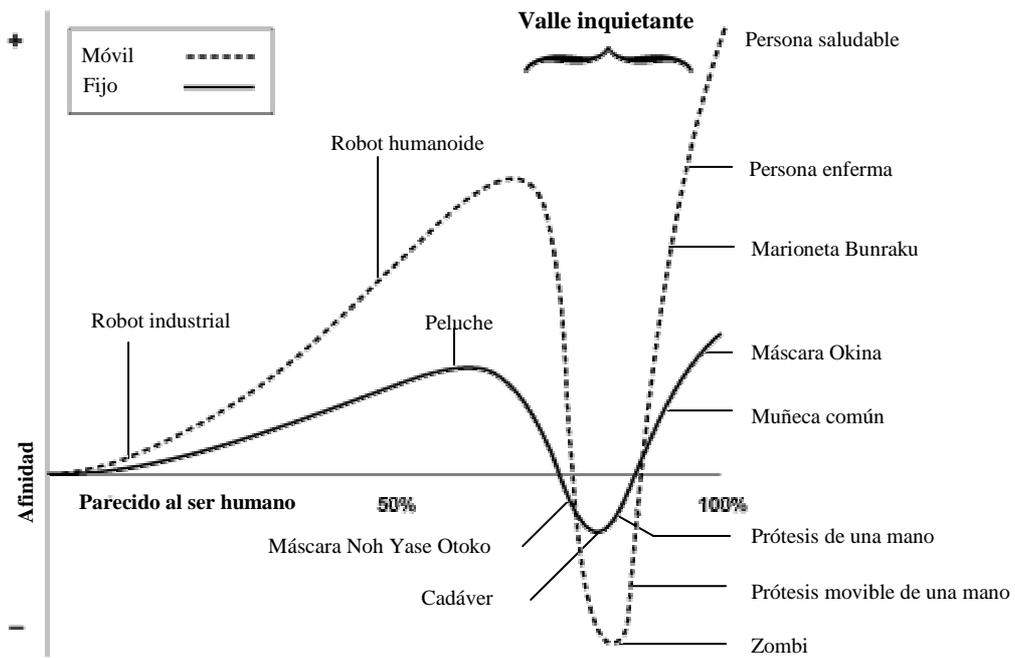
Fuente: Oak Ridge Associated Universities (1999)



Imagen 10:

Unimate 2000. Primer robot industrial creado en Japón (1969).

Fuente: Kawasaki Heavy Industries (2012: en “1969”)



› respecto a un
rece demasiado.



Imagen 12:
Evolución de ASIMO
Fuente: Honda Worldwide (2013)



Imagen 13:
ASIMO 2011, versión más reciente del robot.
Fuente: Honda Worldwide (2013)



Imagen 14:
Robot HRP4 (2010)
Fuente: Kawada Industries (2012: en “Special Features”)



Imagen 15:
HRP4C (2009)
Fuente: Instituto Nacional de Ciencia Industrial
Avanzada y Tecnología de Japón (2013)

Referencias

- Anno, Hideaki. 1995. *Neon Genesis Evangelion*. Tokyo: Gainax - TV Tokyo. Edición Platino. Barcelona: Selecta Visión, D.L. 2007.
- Ares, Félix. 2008. *El robot enamorado: Una historia de la inteligencia artificial*. Barcelona: Editorial Ariel.
- Asano, Junja. 2003. "The Humanoid Robotics Project Final Results." *Robocon Magazine* (4): 116.
- Asimov, Isaac. [1978] 1992. "La máquina y el robot." En *Visiones de robot*, 443-454, Traducido por Lorenzo Cortina. España: Plaza y Janés.
- Bird, Lawrence. 2009. *Saving Metropolis: Body and City in the Metropolis Tales*. McGill University Press.
- Capek, Karel. [1920] 2003. *RUR ; La fábrica de Absoluto / Karel Capek ; prólogo de Richard Vela*. Barcelona: Minotauro.
- CEA (Comité Español de Automática). 2007. *Libro Blanco de la Robótica: De la investigación a la aplicación tecnológica y aplicaciones futuras*.
- Clayes, Emma L. y Anne H. Anderson. 2007. "Real Faces and Robot Faces: The effects of representation on computer-mediated communication." *International Journal of Human-Computer Studies* 65 (6): 480 - 496.
- García, Elena, Maira Antonia Jiménez, y Pablo Gonzales de Santos. 2007. "The Evolution of Robotics Reserach: From Industrial Robotics to Field and Service Robotics." *IEEE Robotics and Automation Magazine* 14 (1): 90.
- Gilson, Mark. 1998. "A Brief History of Japanese Robophilia." *Leonardo* 31 (5): 367-369.
- Hirose, Masato y Ogawa Kenichi. 2006. "Honda humanoid robots development." *Philosophical Transactions of The Royal Society A* 365: 11 - 19.
- Honda Motor Co. "ASIMO the Honda Humanoid Robot Technical Information." ASIMO The World's Most Advanced Humanoid Robot. Public Relation Divition, obtenido el 15 de septiembre, 2012, <http://asimo.honda.com/downloads/pdf/asimo-technical-information.pdf>
- Honda Worldwide. "The R&D Center Goes Independent." Honda History/Challenge, obtenido el 05 de noviembre, 2012, <http://world.honda.com/history/challenge/1960theranddcenter/text01/index.html>
- IFR (Internatinal Federation of Robotics). 2012. "Industrial Breakthrogth with Robots." *Automatica*.
- Japan Patent Office. "Messages from Modern Inventors to the Next Generation.", obtenido el 05 de noviembre, 2012, http://www.jpo.go.jp/shoukai_e/soshiki_e/pdf/relay/9.pdf

- Kageki, Norri. 2012. "An Uncanny Mind: Masahiro Mori on the Uncanny Valley and Beyond." *IEEE Spectrum*: obtenido el 5 de noviembre del 2012.
<http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/humanoids/an-uncanny-mind-masahiro-mori-on-the-uncanny-valley>
- Kazuo, Tanie. 2004. "President's Message: Industrial Robot Statistics and Industrial Activities." *IEEE Robotics and Automation Magazine*, Junio 2004: 6 - 7.
- Knauth, Lothar (1992): "Construcción del Estado Moderno" en *Politica y pensamiento político de Japon. 1868-1925*. Edt. Michitoshi, Tabatake. México D.F. El Colegio de México.
- Kusuda, Yoshihiro. 2006. "How Japan sees the robotic for the future: Observation at the World Expo 2005." *Industrial Robot: An International Journal* 33 (1): 11 - 18.
- . 2002. "The Humanoid Robot Scene in Japan." *Industrial Robot: An International Journal* 29 (5): 412-419.
- Lang, Fritz. 1926. *Metrópolis*, producido por Erich Pommer. Alemania: UFA. Edición especial de coleccionista, Valladolid: Divisa D.L. 2003.
- MacDorman, Karl F. 2005. "Androids as an Experimental Apparatus: Why is there an Uncanny Valley and can we Exploit it?" Stresa, Italia, CogSci 2005 Workshop: Toward Social Mechanisms of Android, Julio 25–26, 2005.
- MacDorman, Karl F., Sandosh K. Vasudevan, y Ho Chin-Chang. 2008. "Does Japan really have robot mania? Comparing attitudes by implicit and explicit measures." *Springer - Verlag London Limited AI & Soc.* (23): 485 - 510.
- Mori, Masahiro. 1981. *The Buddha in the Robot: A Robot Engineer's Thoughts on Science and Religion*, editado por Ralph Friedrich. Japan: Kosei Publishing Co.
- . 1970. "The Uncanny Valley." *Energy* 7 (4): 33-35.
- Nakamura, Miri. 2007. "Horror and Machines in Prewar Japan." En *Robot Ghost and Wired Dreams: Japanese Science Fiction from Origins to Anime*. Editado por Bolton, Christopher, Istvan Csicsery-Ronay, Tatsumi Takayuki. 3 - 26. Minneapolis y Londres: University of Minnesota Press.
- Nakamura, Takajusa. 1990. *Economía japonesa. Estructura y desarrollo*. México, D.F.: El Colegio de México. 201-278.
- Napier, Susan J. 2005. "Ghost and Machines: The Technological Body, and Doll Parts: Technology and Body in the Ghost in the Shell." En *Anime from Akira to Howl's Moving Castle*, 85-116. Palgrave Macmillan.
- . 2007. "When the Machines Stop." En *Robot Ghost and Wired Dreams: Japanese Science Fiction from Origins to Anime*. Bolton, Christopher; Csicsery-Ronay, Istvan; Tatsumi, Takayuki ed., 101 - 122. Minneapolis y Londres: University of Minnesota Press.

- Office of Japan Affairs, Office of International Affairs, y National Research Council. 1990. *Approaches to Robotics in the United States and Japan: Report of a Bilateral Exchange*. Washington D.C.: National Academy Press.
- Oshii, Mamoru. 1995. *Ghost in the Shell*. Basada en el manga de Shirow Masamune., Tokyo: Production I.G., Barcelona: Selecta Visión, D.L. 2011.
- Power, Natsu Onoda. 2009. *God of Manga: Ozamu Tezuka and the Creation of Post World War II Manga*. The University Press of Mississippi.
- Robertson, Jennifer. 2007. "Robo Sapien Japonicus." *Critical Asian Studies* 39 (2): 369 - 398.
- Schodt, Frederik L. 2011. *Inside the Robot Kingdom. Japan, Mechatronics and the Coming Robotopia*. 1ra. edición digital. Tokio y Nueva York: Kodansha International.
- Shelley, Mary W. [1818] 1998. *Frankenstein o el moderno Prometeo*. Traducido por Francisco Torres Oliver. Madrid: Alianza Editorial.
- Siciliano, Bruno y Oussama Khatib, eds. 2008. *Springer Handbook of Robotics*: Springer - Verlag. 1307-1329.
- Sugimoto, Yoshio. 2002. *An Introduction to Japanese Society*. 2 ed. Cambridge University Press. 86-100.
- The Economist. 2012. "Mapping the Uncanny Valley; Robots and Psychology." *Science and Technology*. *The Economist*, 404 (8794): 21 de julio del 2012.
- Tezuka, Osamu. 1963. "The Birth of Astro Boy". *Astro Boy*. Capitulo 1. Tokyo: Fuji TV. Edición Ultra Collector's Edition DVD Set 1. U.S.A.: Right Stuf, 2006.
- Toshiba. "Hisashige Tanaka, the Genius of Mechanical Wonders." Toshiba's History. Toshiba Science Museum, obtenido el 05 de octubre, 2012, http://museum.toshiba.co.jp/toshiba_history/hisashige_tanaka/index.html
- Valdaliso, Jesús María y Santiago López. 2007. *Historia económica de la empresa*, España: Crítica.
- Vega Rodríguez, Pilar. 2002. *Frankensteiniana: La tragedia del hombre artificial*, Madrid, España: Editorial Tecnos.
- Villasanz, Bernardo. 2003. "La construcción de la identidad japonesa (Un estudio sobre el sistema cultural y simbólico de la sociedad japonesa)." *Bulletin of Central Research Institute, Series A: Humanities* 3 (3): 7 -13.
- Yasuhiro, Yokota. 2008. "A Historical Overview of Japanese Clocks and Karakuri." En *International Symposium on History of Machines and Mechanisms*, editado por Hong-Sen Yan y Marco Ceccarelli, 175 - 188: Springer.

Referencias de imágenes

- [1] Trustees of the British Museum. 2012. "Hosokawa Honzō Yorinao, a Woodblock Print from *Karakuri Zui* (Illustrated Compendium of Clever Machines)" Asia JA 1998.2-18.055 (JIB 932) AN3638201. The British Museum, obtenido el 11 de septiembre, 2012, http://www.britishmuseum.org/explore/highlights/highlight_objects/asia/h/hosokawa_honz%C5%8D_yorinao,_a_wood.aspx
- [2] Nipponia. 2006. "El muñeco robot *karakuri* revive el siglo diecinueve." Reportaje Especial: Vivir con robots. Nipponia No. 38, 15 de Septiembre 2006, obtenido el 26 de agosto del 2012, <http://web-japan.org/nipponia/nipponia38/es/feature/feature06.html>
- [3] y [4] Siciliano, Bruno y Oussama Khatib, eds. 2008. *Springer Handbook of Robotics*: Springer - Verlag. P. 1310
- [5] Chiko, Onko. 2009. "Kenbutsuzaemon: Mizushima Niou." Hon wo mite, mori wo mizu., obtenido el 10 de diciembre del 2012, <http://blog.livedoor.jp/benirabou/archives/51384548.html>
- [6] Schodt, Frederik L. 2011. *Inside the Robot Kingdom. Japan, Mechatronics and the Coming Robotopia*. 1ra edición digital ed. Tokio y New York: Kodansha International. P. 73
- [7] ———. 2007. *The Astroboy Essays: Osamu Tezuka, Mighty Atom, and the Manga/Anime Revolution*. E.U.A.: Stone Bridge Press. P. I3-I4
- [8] The Asahi Shimbun. 2012. "Gundam Theme Park to Open in Odaiba in April." *The Asahi Shimbun*, 05 de marzo del 2012, obtenido el 10 de diciembre del 2012, http://ajw.asahi.com/article/cool_japan/anime_news/AJ201203050012
- [9] Oak Ridge Associated Universities. 2009. "Atomic Robot Man (1990s)", 17 de abril del 2009, obtenido el 10 de diciembre del 2012, <http://www.orau.org/ptp/collection/atomic toys/atomicrobotman.htm>
- [10] Kawasaki Heavy Industries. "History of KHI." 1950-1989, obtenido el 23 de noviembre, 2012, <http://www.khi.co.jp/english/company/history/003.html>
- [11] Mori, Masahiro. 1970. "The Uncanny Valley." *Energy* 7 (4): 33-35.
- [12] y [13] Honda Motor Co. 2013. "Gallery: Honda's Latest ASIMO Humanoid Robot." ASIMO, The World Most Advanced Humanoid Robot, obtenido el 06 de enero del 2013, <http://asimo.honda.com/gallery.aspx>
- [14] Kawada Industries Inc. "Humanoid Robot HRP-4." Robotics, obtenido el 06 de enero del 2013, <http://global.kawada.jp/mechatronics/hrp4.html>
- [15] Instituto Nacional de Ciencia Industrial Avanzada. 2009. "Newly Developed 'HRP-4C'" Successful Development of a Robot with Appearance and Performance Similar to Humans - For the entertainment industry -, 16 de marzo del 2009, obtenido el 06 de enero del 2013, http://www.aist.go.jp/aist_e/latest_research/2009/20090513/20090513.html