

UNIVERSIDAD CATÓLICA “NUESTRA
SEÑORA DE LA ASUNCIÓN”

AMD vs Intel vs ARM

Pablo Choi

2 de octubre de 2016

Introducción

Hoy en día se encuentran procesadores en todos los dispositivos con los cuales interactuamos de forma diaria, principalmente en las computadoras, computadoras portátiles y los dispositivos móviles. Desde la aparición de los procesadores su capacidad de procesamiento fue creciendo basándose en la Ley de Moore. ¿Será que en la actualidad se sigue cumpliendo esta Ley?. A través de este trabajo veremos cómo fueron creciendo los procesadores en cuanto a su capacidad de procesamiento comparando las dos marcas más renombradas en este ámbito, AMD e Intel, y también veremos como estos se comparan con los procesadores para dispositivos móviles.

AMD vs Intel

Cuando se habla de computadoras, uno de los principales componentes que vienen en mente son los procesadores. Sin importar cuál sea el uso principal de la computadora de la cual se está hablando, una de las principales preguntas que giran alrededor de la misma es ¿Qué procesador tiene?. A pesar de que son varios los componentes de una computadora ,ya sea la memoria RAM, la placa madre, el disco duro o la tarjeta gráfica, el componente más importante es el procesador debido a que es el “cerebro” de la computadora y es quien dicta qué tareas va a realizar la misma.

En el mundo de los procesadores se encuentran dos grandes marcas que vienen compitiendo desde hace aproximadamente 30 años por quién es la mejor marca en este ámbito. Esas dos marcas son AMD e Intel. Hubo una marca llamada Cyrix que intentó competir contra estos pero simplemente fracasó. Hoy en día estas dos son las que dominan el mercado de procesadores para computadoras de escritorio y computadoras portátiles. En esta sección realizaremos comparaciones entre las dos marcas para ver si es que se puede definir quién es el más dominante entre las dos.

A lo largo de los años los procesadores fueron evolucionando en diferentes aspectos. Esta evolución era principalmente gracias a la competencia en la cual estaban los principales fabricantes. En lo que más se intentaba avanzar con respecto a las características de un procesador era la frecuencia de los núcleos y la cantidad de núcleos que tenían los mismos. Muy a pesar de que esas no son las únicas características que definen el rendimiento de un procesador, los fabricantes estaban compitiendo para ver quién aparecía con

una frecuencia más alta o quién fabricaba el procesador con mayor cantidad de núcleos.

Es en el año 1968 cuando Robert Noyce y Gordon Moore fundan Intel y luego de un año, en 1969, Jerry Sanders funda AMD (Advanced Micro Devices). Muy a pesar de que ambas marcas fueron fundadas en esos dos años, es en el año 1971 cuando Intel introduce al mercado su primer procesador, el Intel 4004. Recién en el año 1975 AMD pone en venta su primer procesador, el Am9080, el cual era un clon del Intel 8080. La razón por la cual AMD había fabricado un procesador basado en uno de la competencia es porque ambas marcas tenían un acuerdo de , que permitía que ambos puedan utilizar los diseños de la competencia para producir procesadores y ponerlos en venta bajo su nombre. AMD tomó ventaja de ese acuerdo y lo que hacía era tomar los diseños de Intel y le aumentaban la frecuencia de reloj para así obtener un poco más de rendimiento del mismo y lo vendían bajo el nombre de AMD. Entonces, AMD tomaba los diseños de Intel y fabricaba procesadores iguales a los de Intel pero con frecuencias de reloj más altas.

Una vez que terminó el acuerdo, AMD ya no contaba con los diseños de Intel entonces ellos diseñaban replicas de los procesadores de la competencia pero a medida de que los procesadores crecían en complejidad se hacía más difícil el proceso de replicar. Debido a la dificultad, le tomaba mucho tiempo a AMD diseñar las replicas. La solución de AMD era diseñarlos a frecuencias de reloj más altas que las de Intel y venderlos a precios bajos. Con esa estrategia AMD fue capaz de vender muchos procesadores, pero esa estrategia no era buena a largo plazo. Es ahí cuando AMD decide diseñar un procesador propio para poder permanecer competitivo contra Intel, ese procesador fue el K5 el cual iba a ser el equivalente de las Pentium de Intel. Muy a pesar de que la K5 fue lanzada 3 años después de la primer Pentium fue en ese momento en el comenzó una nueva competencia entre estas dos marcas y la cual sigue hasta la actualidad.

Las comparaciones realizadas a continuación son a partir de la primera aparición de la Pentium de Intel y la K5 de AMD. Las comparaciones van a ser realizadas con las siguientes características de un procesador, la frecuencia de reloj, la cantidad de núcleos, el proceso de fabricación, el TDP y el voltaje. Estas comparaciones van a mostrar como las compañías fue avanzando y cómo se posicionaban con respecto a su rival.

Comenzaremos con la comparación en la frecuencia de reloj. Desde un comienzo AMD tenía frecuencias de reloj más altas que Intel debido a lo mencionado anteriormente, la estrategia de AMD de vender procesadores

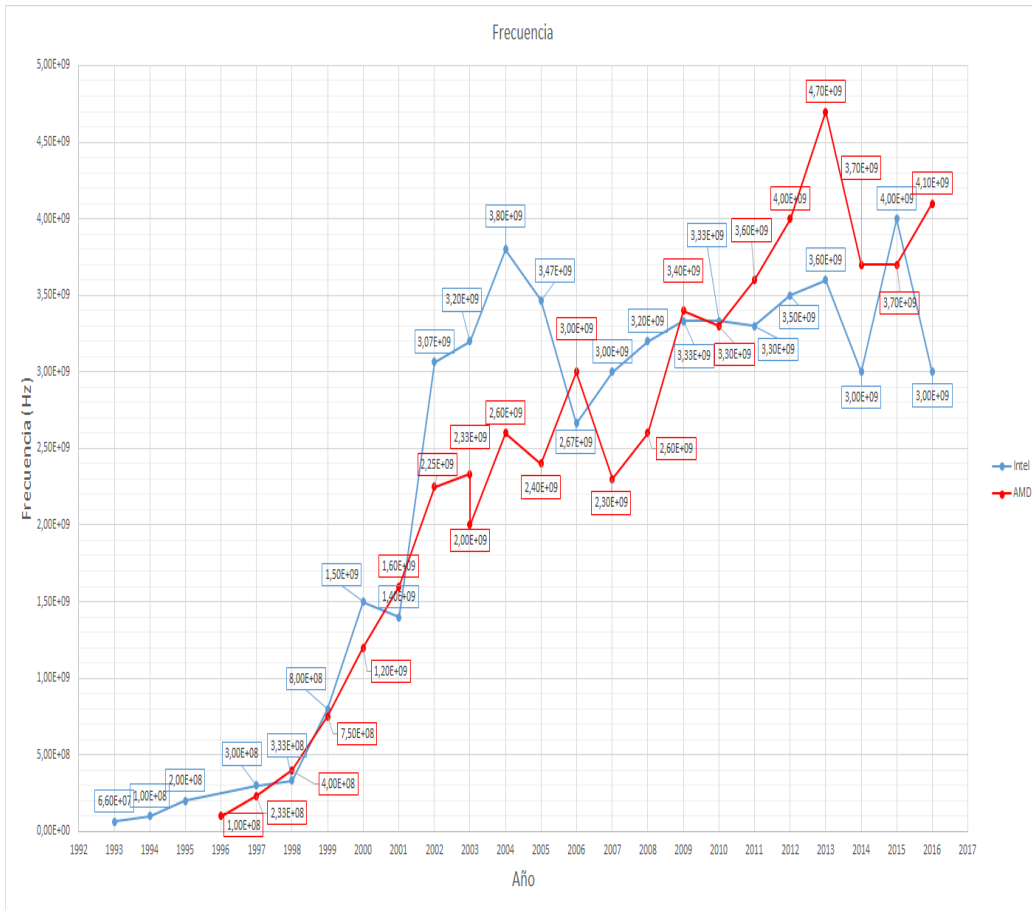


Figura 1: Comparación en Frecuencia

con los diseños o replicas de Intel con frecuencias más altas y precios más bajos. El mayor golpe que da AMD fue con su procesador de la serie Athlon con la cual rompe la barrera de 1GHz pero no mucho tiempo después Intel rompe esa barrera con sus procesadores de la serie Pentium III. Para ese entonces, año 2000, 1 GHz era mucho y en esa carrera AMD estaba ganando.

Ambas compañías iban subiendo la frecuencia de reloj con cada nueva generación que sacaban a la venta pero como podemos ver en la **Figura 1** el único que apostó a seguir aumentando la frecuencia de reloj fue AMD. Luego de pasar la marca de los 3GHz, Intel ya pareció no obsesionarse con los números en GHz y la carrera de quién tiene la frecuencia de reloj más alta parece haber terminado. Eso es debido a que la frecuencia de reloj no

es la única características que define la capacidad de un procesador. Existen otros detalles, más técnicos en las cuales no vamos a adentrarnos en este trabajo (Por ejemplo, el conjunto de instrucciones que soporta dicho procesador) que forman parte de la ecuación cuando se trata del rendimiento de un procesador.

AMD siguió apostando a la frecuencia de reloj de sus procesadores y también dando más flexibilidad a sus usuarios de hacer un overclock a sus procesadores para así subir la frecuencia de reloj más allá que la que viene de fábrica. Podemos ver que uno de los procesadores de AMD venía con 4.70GHz de fábrica con una tecnología Turbo Core que permitía que el sistema operativo haga correr al procesador hasta una frecuencia de 5.0GHz cuando era necesario. Intel tiene un tecnología ,análoga a la Turbo Core de AMD, que se llama Turbo Boost. Se les pueden hacer overclock a los procesadores de Intel también, pero se puede apreciar a través de la **Figura 1** que Intel ya no busca vender procesadores con frecuencias de reloj extremadamente altas y decide diseñar procesadores con “modestas” frecuencias pero igual con mucho potencial.

Además de la frecuencia de los núcleos, otra de las características que más se da relevancia son la cantidad de núcleos que tiene un procesador. En los comienzos de esta competencia entre estas dos marcas, los procesadores solo tenían 1 núcleo. Hoy en día tenemos procesadores de hasta 10 núcleos, es como decir que tenemos 10 “cerebros” en nuestro procesador dando ordenes a los dispositivos. Pero no siempre más es mejor. En el caso de la cantidad de núcleos de un procesador depende de otros factores, ya sean Hardware o Software, que se pueda tomar ventaja de la mayor cantidad de núcleos y que eso se refleje con un mayor rendimiento que otros procesadores de menor número de núcleos.

En **Figura 2** se pueden ver 3 diferentes datos. Están la cantidad de núcleos de los procesadores de AMD, la cantidad núcleos de los Intel y la cantidad de hilos (*threads* en inglés) de los Intel. Intel diseñó sus procesadores con una tecnología, llamada HyperThreading, que hace que un procesador de 4 núcleos pueda verse por el sistema operativo como uno de 8 núcleos, obviamente esta tecnología no está en toda su gama de procesadores sino que se encuentra en su gama alta. Una forma simple de explicar esta tecnología es que Intel aprovecha el tiempo “inactivo” de un procesador para que pueda estar realizando otras tareas, para ello el procesador se presenta ante el sistema operativo o aplicación con el doble de sus núcleos físicos.

Aunque parezca lógico que con esta tecnología, la HyperThreading, los

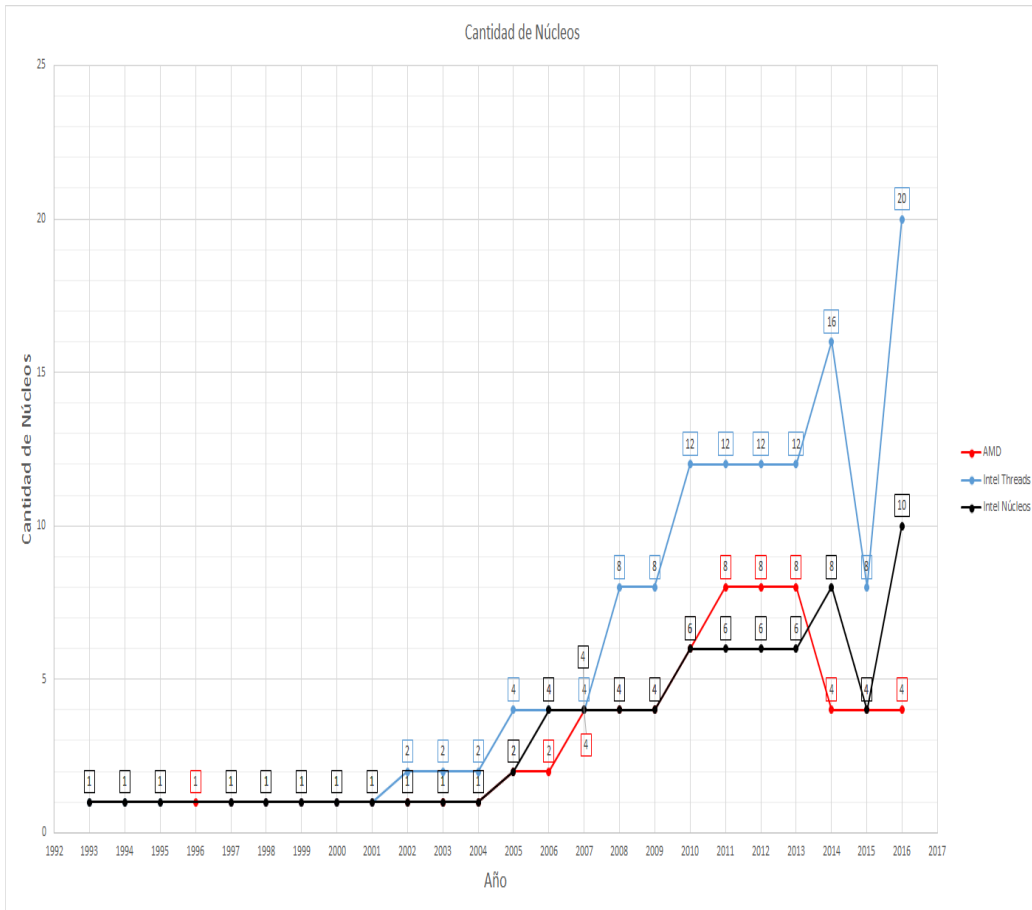


Figura 2: Comparación en Cantidad de Núcleos

procesadores Intel pueden lograr alcanzar un rendimiento inigualable por parte de AMD tiene sus limitaciones. Como se mencionó anteriormente, el sistema operativo y las aplicaciones deben estar preparados para poder hacer uso de esta tecnología. También, existen aplicaciones que se benefician por la mayor cantidad de núcleos y otras que no. Por ejemplo, si la computadora se usa para jugar juegos, se gana muy poco rendimiento más allá de los 4 núcleos pero si se trata de renderización o aplicaciones parecidas a esas sí se nota un beneficio considerable con la mayor cantidad de núcleos. Es por eso que tampoco se puede decir que un procesador es superior a otro por la cantidad de núcleos que tiene.

Cuando se habla de procesadores, no se habla mucho del proceso de fa-

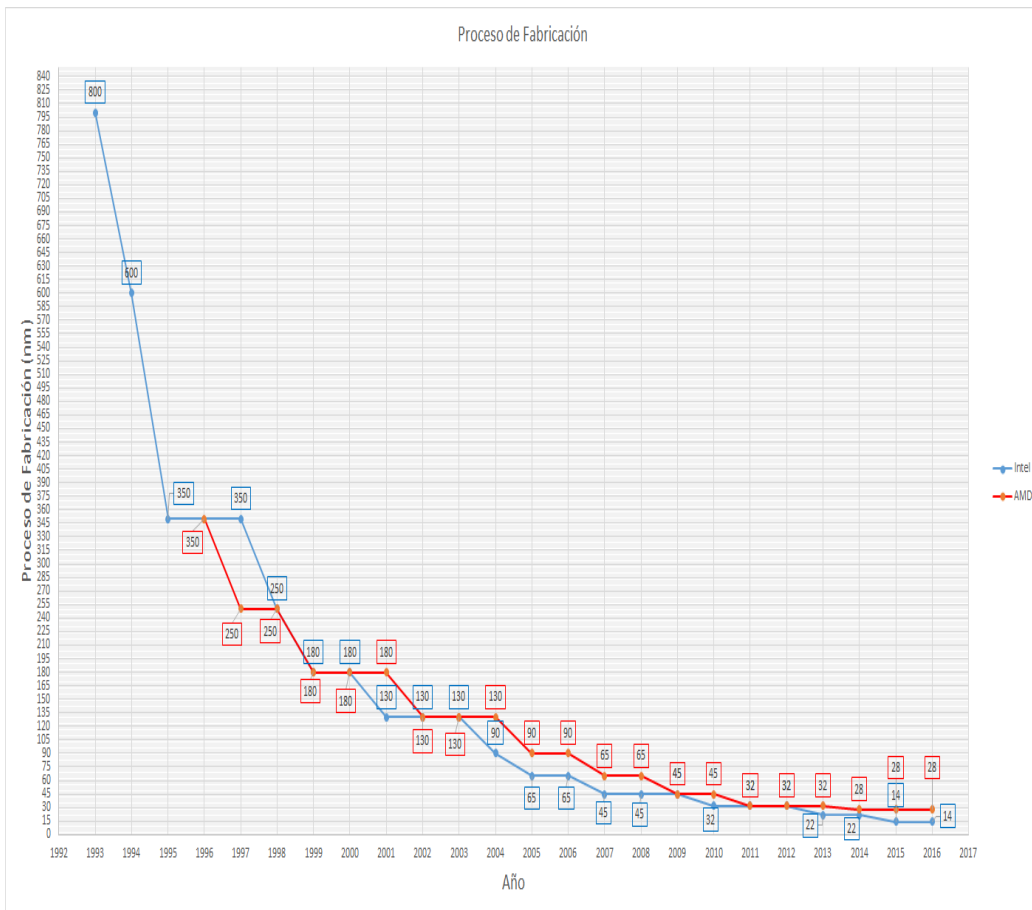


Figura 3: Comparación en Proceso de Fabricación

bricación. Pero este termino es bastante importante ya que este número está fuertemente relacionado con la ley de Moore y con otras características, en cuanto a rendimiento, del procesador.

El proceso de fabricación hace referencia al método con el cual se fabrican los chips. En este caso, ya que estamos hablando de procesadores, hace referencia al tamaño de los transistores que se encuentran dentro del procesador. De forma más específica, hace referencia a la medida del canal que conecta la fuente y el drenaje del transistor.

A medida de que este proceso de fabricación se hace cada vez más pequeño trae ventajas como la de poder encapsular mayor cantidad de transistores dentro de un mismo área, cambian de valor con mayor rapidez, consumen

menos energía y también funcionan a temperaturas más bajas.

En este sector, podemos ver que ambas marcas tuvieron una competencia muy cercana en cuanto al proceso de fabricación (**Figura 3**). Podemos ver que en los años 1993 Intel producía procesadores con 800nm pero en el año 2016 ya alcanzaron los 14nm. Se puede ver que AMD también tuvo sus avances pero en cuanto a mantener el paso de su competencia fue quedando atrás y hasta hoy en día podemos ver que Intel sigue teniendo la delantera en este departamento.

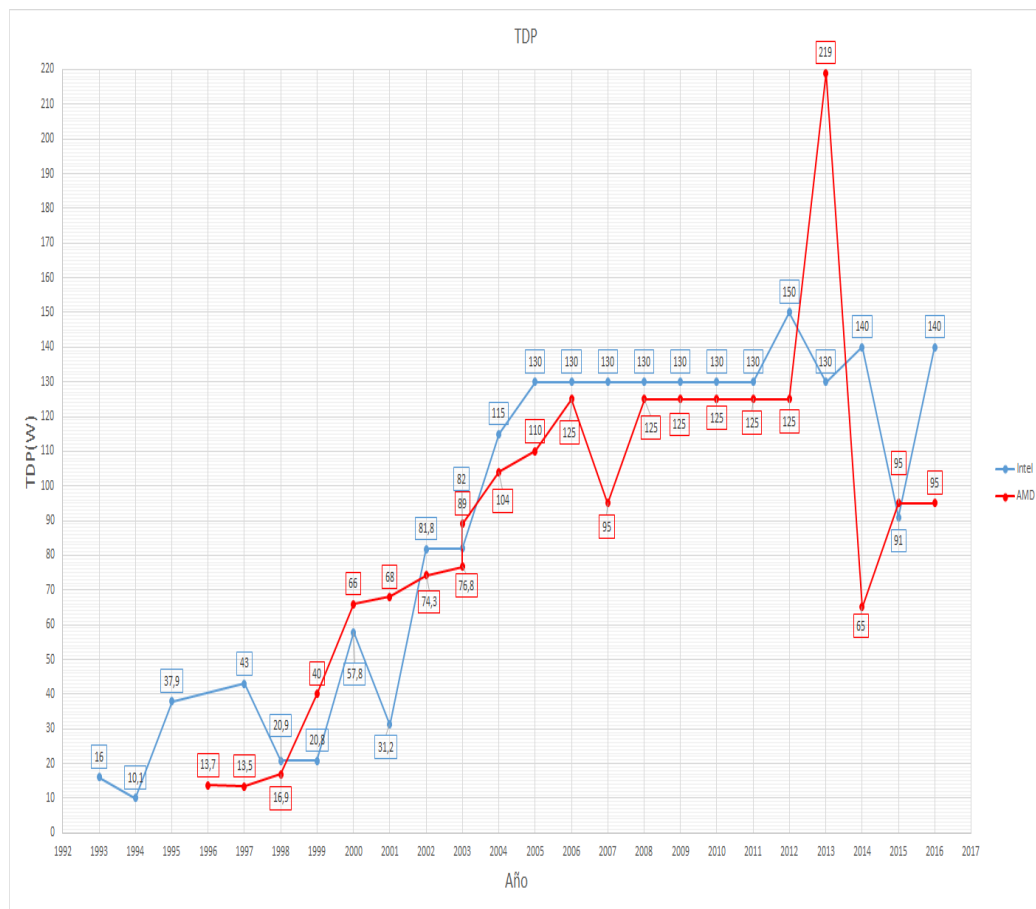


Figura 4: Comparación en TDP (Thermal Design Power)

TDP (Thermal Design Power) o Potencia de Diseño Térmico representa la máxima cantidad de potencia permitida por el sistema de refrigeración de un sistema informático para disipar el calor. Este número no indica la

máxima potencia que puede generar el procesador sino que indica la máxima potencia que podría producir cuando se ejecutan aplicaciones reales.

Anteriormente se dijo que al tener un menor proceso de fabricación, los transistores requieren de menos energía para funcionar y por ello generan menos calor. Eso no se aplica de forma directa debido a que al producir transistores más pequeños, más de estos pueden ser encapsulados en una misma área, lo cual podría generar igual o más calor. Es por ello que no se puede decir que cierta marca tiene un menor TDP que la otra porque tiene un proceso de fabricación menor que la otra.

En este gráfico (**Figura 4**) podemos ver que ambas marcas también tienen una batalla muy cercana en cuanto al TDP de los procesadores. En el caso del pico de AMD de 219W que ocurrió en el año 2013 es debido a que ese es el TDP de su procesador más potente que puso al mercado en cuanto a la frecuencia de reloj de fábrica. Mayor frecuencia de reloj sí genera más calor (o potencia) por lo que con el modelo FX-9590, el cual corría a una frecuencia de 4.70GHz y 5.0 GHz con Turbo Core, era de esperarse un TDP muy alto pero eso no era así con todos los modelos ya que los otros modelos no llegaban a frecuencias tan altas. Hoy en día ambas marcas tienen en el mercado procesadores con un TDP muy similares entre sí que se puede decir que no existe algún tipo de competencia entre ambas marcas en este ámbito.

Cuando hablamos de voltaje, en este caso hablamos del voltaje del núcleo de la CPU. Esta característica hace referencia a la cantidad de voltaje que necesita el procesador para funcionar. Cuanto menor voltaje es mejor debido a que eso quiere decir que se va a consumir menos energía. Como se mencionó anteriormente, este voltaje se ve beneficiado a medida que baja el proceso de fabricación del CPU debido a que eso hace que los transistores sean más pequeños y que los mismos necesiten menos voltaje para funcionar.

De forma a ayudar a ahorrar energía y controlar un poco la temperatura de un procesador, se puede administrar el consumo o la potencia de un procesador a través de un software. Lo que hacen estos administradores es ajustar la frecuencia de reloj y los voltajes de forma dinámica ya sea cuando las aplicaciones requieran más potencia de cálculo o no.

En este gráfico comparativo (**Figura 5**) se han puesto los valores máximos que podrían tomar estos procesadores y se puede apreciar que ambas marcas tienen un nivel de voltaje bastante parecido y que son niveles de voltaje bastante pequeños comparados a las primeras Pentium de Intel. El cual es una gran señal del avance que hubo en cuanto al consumo de los procesadores de ambas marcas a lo largo de todo este tiempo.

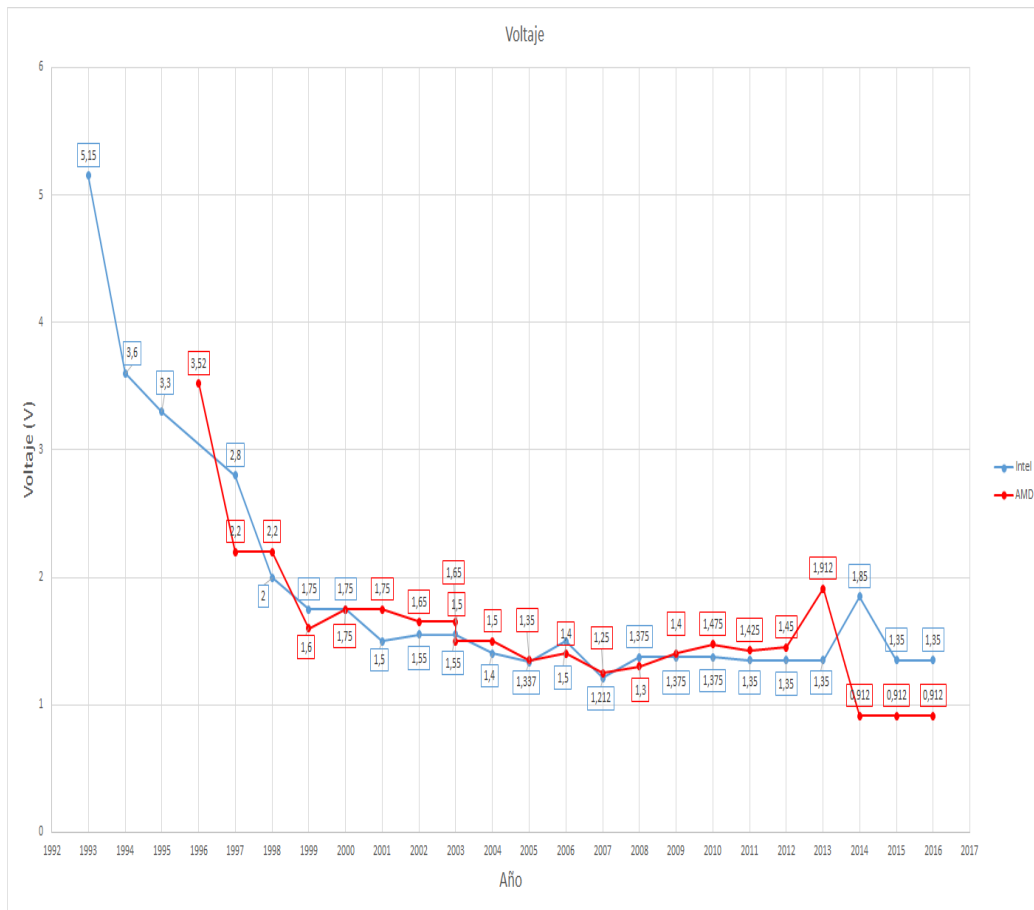


Figura 5: Comparación en Voltaje

Ley de Moore

La Ley de Moore indica que aproximadamente cada dos años se duplica el número de transistores en un microprocesador. Originalmente la ley fue formulada para indicar que la duplicación se realizaría cada año, pero luego Moore redefinió su ley y amplió el periodo a dos años. No es una ley que se cumple por alguna razón de la física o por razones sobrenaturales sino que es una observación que realizó el cofundador de Intel, Gordon E. Moore, el 19 de abril de 1965 cuyo cumplimiento se ha podido observar hasta la actualidad.

En 1965, Gordon Moore afirmó que la tecnología tenía futuro, que el número de transistores por unidad de superficie en circuitos integrados se

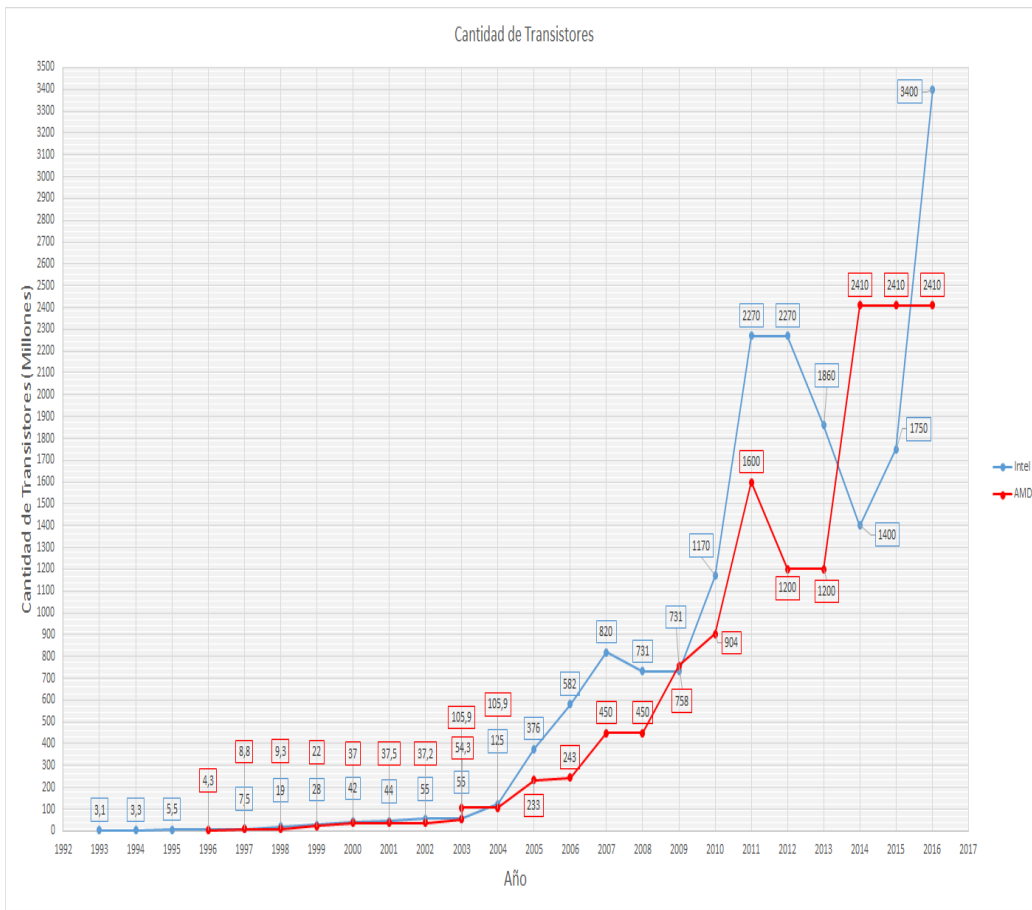


Figura 6: Cantidad de transistores contenidos en un procesador

duplicaba cada año y que la tendencia continuaría durante las siguientes dos décadas. Más tarde, en 1975, modificó su propia ley al corroborar que el ritmo bajaría, y que la capacidad de integración no se duplicaría cada 12 meses sino cada 24 meses aproximadamente. Esta progresión de crecimiento exponencial, duplicar la capacidad de los circuitos integrados cada dos años, es lo que se denomina ley de Moore. Sin embargo, en 2007 el propio Moore determinó una fecha de caducidad: “Mi ley dejará de cumplirse dentro de 10 o 15 años”, según aseguró durante la conferencia en la que afirmó, no obstante, que una nueva tecnología vendrá a suplir a la actual.

Lo interesante de esta Ley es que cuando Moore dijo esto no existían los microprocesadores ya que el primero fue creado en 1971, la Intel 4004.

En la **Figura 6** podemos apreciar de forma más tangible como esta ley fue cumpliéndose casi a la perfección. En este gráfico se han colocado los modelos con la tecnología de punta de cada año y podemos ver que en el caso de AMD hubieron caídas muy grandes entre los años 2012 y 2013 y eso es debido a que en esos años no produjeron modelos de gama alta como para superar la cantidad de transistores que tenían anteriormente, aunque luego de ese año podemos ver cómo se mantuvo constante esa cantidad. Lo mismo pasó con Intel en los años 2013 y 2014 pero es el mismo caso que AMD en los años mencionados anteriormente.

A través del gráfico pudimos ver que la Ley de Moore se sigue cumpliendo en cierta forma. Tal vez no se cumple la ley de forma estricta pero existen aproximaciones muy cercanas como para poder considerar de que todavía se sigue cumpliendo la ley.

AMD vs Intel vs ARM

Hasta ahora se estuvo realizando la comparación entre las marcas fabricantes de CPU para computadoras de escritorio, pero cuando se trata de procesadores que van dentro de dispositivos móviles, ya sea smartphones o tablets, la competencia es otra. Ya no es una competencia entre dos marcas sino que es una competencia de más participantes.

ARM es una empresa que diseña núcleos y arquitecturas para procesadores enfocados principalmente en bajos costos, baja generación de calor y eficientes en cuanto al consumo de energía. Este enfoque hace que estos procesadores sean perfectos para dispositivos livianos, móviles y energizados a batería. Luego de diseñar, ya sean los núcleos o arquitecturas, ARM vende las licencias para que otras marcas puedan usar esos núcleos o arquitecturas para poder adecuarlos a sus propios usos.

Dando una explicación a grandes rasgos sobre la licencia de arquitectura o de núcleos. Cuando se trata de la licencia de arquitectura, es una licencia que da derecho al cliente de utilizar el set de instrucciones creado por ARM para diseñar el núcleo de su propio procesador. En cuanto a la licencia de núcleo, permite a que el cliente pueda utilizar los núcleos diseñados por ARM para crear microcontroladores, CPUs o SoC (System on Chip o sistema en chip). El SoC consiste en utilizar las tecnologías de fabricación que integran todos o gran parte de los módulos que componen un computador o cualquier otro sistema informático o electrónico en un único circuito integrado o chip.

Las principales compañías que utilizar los diseños de ARM (ya sean las licencias de núcleos o de arquitectura) son Apple, Samsung, Nvidia, Qualcomm y Texas Instruments. Entre las marcas que utilizan los diseños de ARM podemos ver las marcas más grandes de smartphones el cual es un señal muy clara de quién está dominando en cuanto a procesadores en el sector de dispositivos móviles. Estas marcas utilizan los procesadores diseñados por ARM y diseñan sus SoC a partir de ellos. Entre los más conocidos tenemos la serie A# de Apple, la serie de Exynos por parte de Samsung, Tegra de Nvidia y Snapdragon de Qualcomm.

Intel también ha intentado entrar en esta competencia de procesadores para dispositivos móviles con sus procesadores Intel Atom el cual está presente en algunos modelos de los smartphones de la marca Asus, por ejemplo el ZenFone 2 o el Zenfone Zoom. Muy a pesar de sus intentos no ha logrado tener mucho éxito. Todavía no se puede decir que Intel ha fracasado en ingresar al mercado y ser competitivo pero existen algunas por la cual todavía no tiene éxito. En cuanto a la potencia del procesador por sí solo sí es competitivo pero en donde cae detrás de su competencia es en cuanto al rendimiento en aplicaciones en donde se ha uso intensivo de la GPU ya que todavía no es muy eficiente en ese aspecto comparado a su competencia debido a que no tiene una GPU, resultando en más tiempo de espera para poder ingresar a esas aplicaciones en comparación a los otros dispositivos que ya tienen GPU.

El mayor problema que tiene Intel es que el procesador Atom es como dice su nombre, un procesador. No es un SoC que tiene diferentes módulos integrados en un solo encapsulado sino que por cada módulo que se desea agregar al dispositivo tiene que haber un chip separado por la cual hace que ocupe más espacio y consuma más energía que la competencia. Es por eso que Intel no está pudiendo tener éxito en esta área muy a pesar de estar dominando el mundo de los procesadores para computadoras de escritorio. Pero Intel todavía no se dio por vencido. Recientemente, Intel tuvo un acuerdo con ARM para poder producir SoC con procesadores de ARM en sus líneas de producción lo cual quiere decir que Intel puede diseñar sus propios SoC basandose en diseños de ARM y con ello volver a competir en esta dura competencia, pero que está en auge, de los procesadores para dispositivos móviles.

La movida de Intel para intentar entrar nuevamente al mercado de dispositivos móviles tiene mucho sentido debido a que hay una disminución en el mercado de las computadoras de escritorio. Fuente afirman que el mercado de computadoras de escritorio está en decadencia desde los años 2012. Muy

a pesar de que en el primer trimestre del año se vendieron 60 millones de PCs, eso es una caída del 10 % que las ventas del año pasado. Hoy en día los dispositivos móviles se vuelven una prioridad a diferencia del pasado en la cual era común ver computadoras de escritorio en las casas.

La ventas de smartphones aumentaron violentamente desde el 2006. A través de la **Figura 7** podemos ver la forma en que fue creciendo la cantidad de smartphones enviados en cada año y que ahora ya se pasaron los 1600 millones de smartphones.

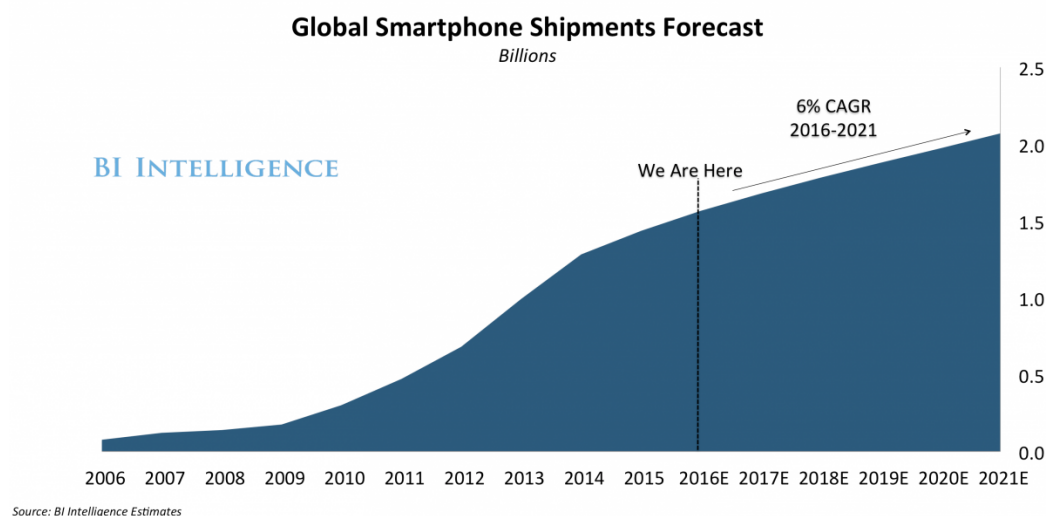


Figura 7: Cantidad de smartphones enviados desde el 2006 y un pronóstico hasta el año 2020.

No solo los smartphones juegan un papel importante en esta decadencia del mercado de las computadoras de escritorio sino que dispositivos como las tablets también juegan un rol muy importante y con ello al mayor uso de procesadores para dispositivos móviles que para computadoras de escritorio. A través de la **Figura 8** se puede ver, aproximadamente, cómo fue creciendo el mercado de las tablets desde el 2010 en comparación con las PCs y las laptops. También se hace un pronóstico de cómo podría ser la tendencia en los próximos 3 años. A pesar de no poder guiarnos por los pronósticos podemos ver claramente cómo fue cayendo el mercado de las PC a medida que el mercado de tablets crecía, ya que en el año 2010 las tablets ocupaban un 5 % del mercado total pero para el año 2014 ya ocupaban un 40 % y cuya tendencia de crecimiento continuó hasta este año.

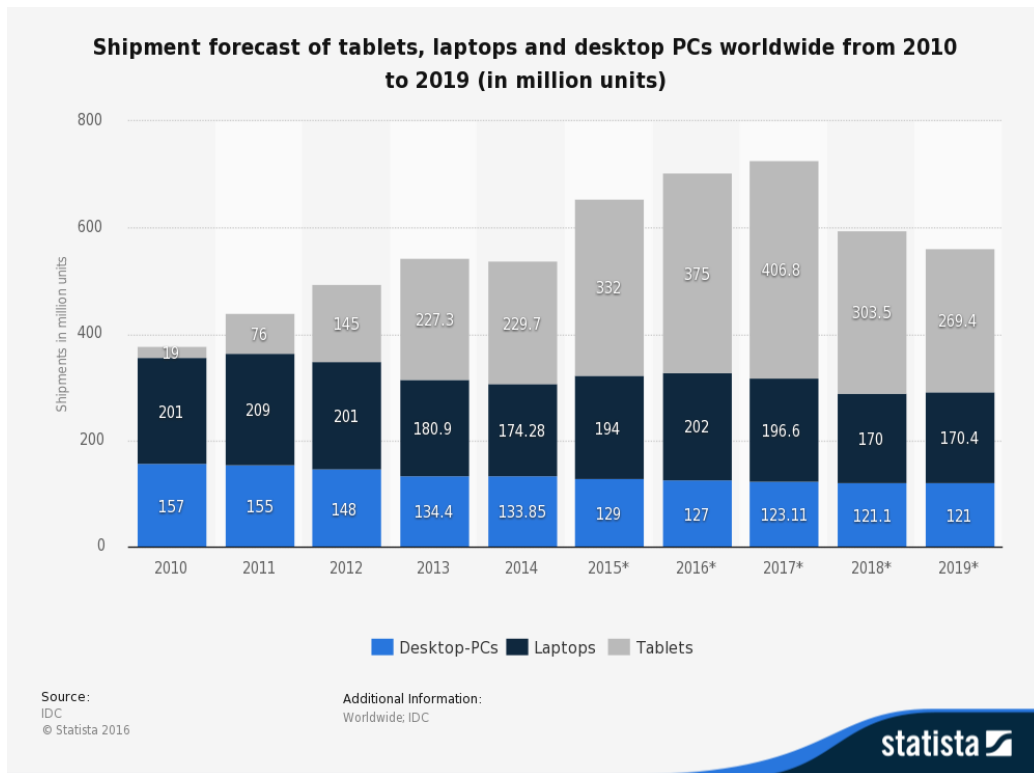


Figura 8: Cantidad de PCs, laptops y tablets enviados por año.

A través de estos datos podemos ver que la movida de Intel hacia el mercado de procesadores para dispositivos móviles es lógico. Con esto uno se puede estar preguntando si es que los días de los procesadores para computadoras de escritorio están contados, pero eso nunca lo sabremos hasta el día en que eso ocurra. Lo que sí podemos suponer es va a haber más avances en los procesadores para dispositivos móviles y procesadores para servidores debido a que hay una tendencia muy marcada de poder guardar todo en la nube y que haya un uso intensivo de servicios a través de la nube en donde van a estar trabajando estos procesadores para servidores.

Conclusión

Es difícil declarar un ganador cuando se habla de la rivalidad que hay entre AMD e Intel. Aunque parezca que Intel está unos pasos adelante en cuestiones tecnológicas y en rendimiento, siempre hay un precio extra que hay que pagar por esas innovaciones y el rendimiento. Hoy en día tenemos procesadores con demasiada potencia como para notar alguna diferencia tangible si es que el propósito de la máquina no es para aplicaciones de uso intensivo de CPU o GPU, ya sea renderizado o juegos. Por ello, las características de un procesador debería ser elegidas dependiendo de las necesidades de cada usuario y ahí es cuando uno puede hacer un balance y decir cuál de las marcas se adecua mejor al uso que uno le quiere dar a la máquina. Cuando se trata de tener una buena relación de precio/rendimiento se podría decir que AMD es una buena opción debido a que tiene un buen rendimiento y a precios muy accesibles pero si el dinero no es un problema, se podría decir que Intel es una buena opción si es que la computadora a la cual está destinada el procesador va a ser utilizada en aplicaciones de uso intensivo de CPU.

La apuesta de Intel por el mercado de dispositivos móviles parece ser una movida muy lógica ya que hoy en día vivimos en una sociedad la cual quiere tener acceso a todo de forma rápida y compacta. Hay una tendencia marcada de tener servicios en la nube ya sea para almacenar datos o tener acceso a contenidos multimedia sin la necesidad de tener que descargarlos y que ocupen espacio en la memoria física de nuestros dispositivos. Es por ello, que las compañías apuestan a producir dispositivos más potentes sin aumentar el tamaño, consumo y la generación de calor.

Lo único que nos queda es maravillarnos por los avances logrados hasta ahora en ambos campos y seguir observando los avances e intentar mantenernos al tanto con esta tecnología que sigue avanzando a pasos agigantados.

Bibliografía

- <http://www.techarp.com/articles/desktop-cpu-comparison-guide/>
- <http://www.pcgamer.com/a-brief-history-of-cpus-31-awesome-years-of-x86/>
- <https://www.pastemagazine.com/articles/2016/07/amd-vs-intel-the-truth-behind-techs-oldest-compute.html>
- <http://arstechnica.com/business/2013/04/amd-on-ropes-from-the-top-of-the-mountain-to-the-deepest-valleys/>
- <http://arstechnica.com/business/2013/04/the-rise-and-fall-of-amd-how-an-underdog-stuck-it-to-intel/>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/HyperThreading>
- <http://www.10stripe.com/articles/what-does-process-size-mean.php>
- <http://www.pcmag.com/encyclopedia/term/49759/process-technology>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_design_power
- https://en.wikipedia.org/wiki/CPU_core_voltage
- <http://forwardthinking.pcmag.com/cell-phones/295297-mobile-core-wars-how-the-chip-makers-stack-up>
- <https://kb.wisc.edu/page.php?id=4927>
- https://es.wikipedia.org/wiki/System_on_a_chip
- https://en.wikipedia.org/wiki/ARM_Holdings#Licensees
- <http://www.androidcentral.com/why-arent-more-oems-using-intel-their-android-phones>

-[https://www.engadget.com/2016/08/16/
intel-arm-manufacturing-licensing/](https://www.engadget.com/2016/08/16/intel-arm-manufacturing-licensing/)

-<http://fortune.com/2016/08/17/intel-arm-10nm/>

-<http://www.gartner.com/newsroom/id/3280626>

-<http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS41489916>

-[https://www.weforum.org/agenda/2016/04/
4-charts-that-explain-the-decline-of-the-pc/](https://www.weforum.org/agenda/2016/04/4-charts-that-explain-the-decline-of-the-pc/)