

Número proyecto: 2016-01-1948

FRONTERAS DE LA CIENCIA

Datos Generales de la propuesta

Institución:	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
Dependencia:	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
Número RENIECYT propuesta:	032
Nombre RENIECYT propuesta:	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
Título/Nombre del Proyecto:	LOT-SIZING Y SCHEDULING, DETERMINACIÓN ÓPTIMA DEL TAMAÑO DE LOTE Y DE LA SECUENCIACIÓN DE TAREAS
Area del S.N.I. de la propuesta:	CIENCIAS FÍSICO MATEMÁTICAS Y CIENCIAS DE LA TIERRA
Palabras clave:	Secuenciación, optimización, investigación de operaciones, programación lineal
Entidad Federativa sede del proyecto:	NUEVO LEÓN
¿La propuestas es interdisciplinaria?:	No
¿Es catedrático?:	Si

Responsable Administrativo

Nombre:	OMAR ALEJANDRO
Primer Apellido:	LEIJA
Segundo Apellido:	GUTIERREZ

Enlace Institucional de la propuesta

Nombre:	YASMIN AGUEDA
Primer Apellido:	RIOS
Segundo Apellido:	SOLIS
E-mail:	yasmin.riossls@uanl.edu.mx

Descripción de la propuesta

Espacio complementario para actualizar la formalización de recursos humanos que han formado a la fecha

Se tiene previsto un investigador postdoctoral, un estudiante de doctorado y dos estudiantes de maestría.

Hasta la fecha, he formado 4 doctores en ciencias de los cuales 3 están en el SNI y uno da consultoría en temas de optimización combinatoria. Además, he dirigido 6 tesis de maestría una de las cuales fue e co-tutula con el CINVESTAV y otra en co-tuTela con la universidad Franche-Comte¿, Besanc¿on France.

He participado en 10 comités de tesis de doctorado de los cuales tres son externas a la UANL. Además, he participado en 9 comités de maestría y uno de licenciatura.

Cada verano recibo al menos a dos estudiantes de verano científico.

He recibido a varios estudiantes de becas mixtas en mi grupo de investigación.

Antecedentes

Las Figuras 1 y 2 ilustran el problema de lot-sizing y scheduling que trataremos en esta propuesta. En la Figura 1, la primera columna muestra los productos. Cada producto puede necesitar algunas de las piezas de la segunda columna. Una pieza se caracteriza por su forma, color y tipo de plástico. Los arcos entre productos y piezas muestran qué piezas son necesarias para ensamblar cada producto. Observe que algunas piezas son compartidas por más de un producto, mientras que otras pueden ser exclusivas de un solo producto. Un arco entre una pieza y un molde indica que el molde puede usarse para fabricar esa pieza. Cada molde puede ser diferente debido a sus especificaciones técnicas; De particular relevancia es el tipo y número de cavidades. Aunque un molde puede producir piezas diferentes, una vez que se selecciona una pieza, no se puede producir otra pieza con el mismo molde al mismo tiempo. Finalmente, la última columna representa las máquinas donde se instalan los moldes; Cada máquina tiene sus propios índices de producción. no todos los moldes pueden instalarse en cualquier máquina.

Una vez que un conjunto de piezas ha sido producido en una máquina, hay dos opciones: continuar procesando otras piezas usando el mismo molde, o quitar el molde de esta máquina. En el segundo caso, el molde debe ser retirado de la máquina y un nuevo molde se instala. Los moldes son pesados, y a menudo necesitan ser movidos por grúas, por lo que esta operación requiere un gran tiempo de preparación del molde. En el gráfico de Gantt de la Figura 2 se presenta un plan de producción factible para un problema de lot-sizing y scheduling de dos periodos. El molde 1 se instala en la máquina 1, y las piezas 1 y 6 se producen en ella.

Descripción de la propuesta

Entonces se produce un cambio de molde, y el molde 2 se instala, con un tiempo de preparación del molde. Obsérvese que el molde 1 también se utiliza en la máquina 2, pero sólo después de haber sido liberado de la máquina 1. Pueden producirse piezas del mismo tipo simultáneamente en dos máquinas diferentes utilizando moldes diferentes. Por ejemplo, las piezas del tipo 2 se producen utilizando el molde 4 en la máquina 2 y, al mismo tiempo, utilizando el molde 3 en la máquina 3. El objetivo es determinar el tamaño del lote de los productos (lot-sizing) para maximizar los beneficios durante varios períodos, asegurando la asignación de piezas a moldes y moldes a máquinas (scheduling).

Los problemas de scheduling suelen considerar los tiempos de configuración (SETUPS) dependientes de la secuencia entre los trabajos como en el problema que trataremos en esta propuesta. Algunos modelos tratan el caso de una sola máquina como en Eren (2007), Sourd (2006) y Stecco et al. (2008), otros con máquinas paralelas, como en Weng et al. (2001). Un enfoque popular es considerar la programación de familias de trabajos como en Chen & Powell (2003), Haase & Kimms (2000), Li et al. (2005), y Vil çm (2006). Las soluciones óptimas para estos problemas son difíciles de alcanzar.

Nuestro enfoque para el problema de esta propuesta es resolver primero el tamaño del lote, y luego abordar las asignaciones de moldes y piezas. El problema del tamaño del lote ha sido ampliamente estudiado (Quadt & Kuhn, 2008; Robinson et al., 2009). Más recientemente, Chen (2015) propone metaheurísticas para dos problemas dinámicos de dimensionamiento de lotes capacitados en varios niveles. Se han realizado intentos para integrar el dimensionamiento de lote y la programación. Chrétienne et al. (2011) y Hazır & Kedad-Sidhoum (2012) han abordado el caso de máquina de singe. Marinelli et al. (2007) proponen heurísticas para integrar las decisiones de dimensionamiento y programación en un entorno de máquina paralelo. Sin embargo, ninguno de estos modelos considera equipo auxiliar.

Cuando se considera el equipo auxiliar, como en Lin et al. (2002), el equipo está restringido para ser instalado en no más de una máquina. sin embargo, en la solución óptima, un molde puede instalarse en más de una máquina aunque este comportamiento no sea intuitivo. nuestro Proyecto permite tiempos de inactividad entre los moldes, una característica que es esencial para casos reales y que había sido pasada por alto en estudios previos. Una limitación común es que la demanda del período debe ser totalmente cumplida, de lo contrario puede incurrir en los costos de retraso como en Pochet & Wolsey (2006). En nuestro modelo la demanda de un período puede no ser cumplida, sin embargo permitimos que el inventario de piezas se mantenga de un período a otro.

Hipótesis

AL PROPONER NUEVOS MODELOS MATEMÁTICOS Y ALGORITMOS DE RESOLUCIÓN PARA EL PROBLEMA DE LOT-SIZING Y DE SCHEDULING DE FORMA INTEGRAL, SE OBTENDRÁN MEJORES SOLUCIONES QUE SI SE ATACA EL PROBLEMA DE FORMA SECUENCIAL. para eso se usarán modelos matemáticos que permitan una descomposición algorítmica para poder obtener soluciones óptimas. Al definir una clase de soluciones

Descripción de la propuesta

dominantes junto con restricción de desigualdades válidas de reforzará el modelos matemático para estar más próximo a la envolvente convexa del poliedro del espacio de soluciones lo que hará la resolución práctica más accesible en cuestión de tiempo y de calidad de la solución (si es que el tiempo llegara a su límite). dicho modelos matemático se usará para el caso de un solo periodo y para el caso de periodos múltiples en donde un inventario de piezas de debe de estar considerando para mejorar la producción y poder satisfacer la demanda. Se incluirán conceptos de justo a tiempo en este tipo de problemas por primera vez en la literatura, según nuestra revisión preliminar.

Objetivos

EL OBJETIVO ES FORMULAR UN MODELO MATEMÁTICO QUE INCORPORA DESIGUALDADES VÁLIDAS PARA REFORZAR EL POLIEDRO DE ESPACIO DE SOLUCIONES Y ASÍ PERMITIR UNA DESCOMPOSICIÓN QUE PERMITA OBTENER SOLUCIONES ÓPTIMAS PARA EL PROBLEMA INTEGRAL DE LOT-SIZING CON SCHEDULING.

Objetivos particulares:

MODELO MATEMÁTICO PARA EL PROBLEMA DE LOT-SIZING CON SCHEDULING CONSIDERANDO EQUIPO AUXILIAR Y TIEMPOS DE PREPARACIÓN DEPENDIENTES DE LA SECUENCIA.

DETERMINACIÓN DE DESIGUALDADES VÁLIDAS PARA EL MODELO MATEMÁTICO QUE HAGAN QUE EL ESPACIO DE SOLUCIONES ESTÉ MÁS PRÓXIMO DE SU ENVOLVENTE CONVEXA Y ASÍ HACER QUE LOS MÉTODOS DE RESOLUCIÓN DEL TIPO RAMIFICACIÓN Y ACOTAMIENTO SEAN MÁS RÁPIDOS.

INTEGRACIÓN DE LAS DESIGUALDADES VÁLIDAS EN EL MODELO MATEMÁTICO Y VALIDACIÓN TEÓRICA Y EXPERIMENTAL DE SU EFICIENCIA.

GENERAR UN ESQUEMA DE DESCOMPOSICIÓN PARA EL PROBLEMA INTEGRADO DE LOT-SIZING CON SCHEDULING CONSIDERANDO EQUIPO AUXILIAR Y TIEMPOS DE PREPARACIÓN DEPENDIENTES DE LA SECUENCIA. PARA ESO SE REQUIEREN MECANISMOS DE PROHIBICIÓN DE SOLUCIONES NO FACTIBLES.

DETERMINACIÓN DE HEURÍSTICAS PARA PODER RESOLVER INSTANCIAS DE MAYOR TAMAÑO.

RESULTADOS EXPERIMENTALES QUE VALIDEN LA EFICIENCIA DEL MÉTODO EN SOLUCIONES BASADAS EN DATOS REALES.

Metas

Descripción de la propuesta

Las metas están ligadas a los objetivos:

formulación de al menos un MODELO MATEMÁTICO PARA EL PROBLEMA DE LOT-SIZING CON SCHEDULING CONSIDERANDO EQUIPO AUXILIAR Y TIEMPOS DE PREPARACIÓN DEPENDIENTES DE LA SECUENCIA.

Tener al menos dos DESIGUALDADES VÁLIDAS PARA EL MODELO MATEMÁTICO QUE HAGAN QUE EL ESPACIO DE SOLUCIONES ESTÉ MÁS PRÓXIMO DE SU ENVOLVENTE CONVEXA Y ASÍ HACER QUE LOS MÉTODOS DE RESOLUCIÓN DEL TIPO RAMIFICACIÓN Y ACOTAMIENTO SEAN MÁS RÁPIDOS.

Lograr la INTEGRACIÓN DE LAS DESIGUALDADES VÁLIDAS EN EL MODELO MATEMÁTICO Y VALIDACIÓN TEÓRICA Y EXPERIMENTAL DE SU EFICIENCIA.

proponer un algoritmo de planos cortantes para PARA EL PROBLEMA INTEGRADO DE LOT-SIZING CON SCHEDULING CONSIDERANDO EQUIPO AUXILIAR Y TIEMPOS DE PREPARACIÓN DEPENDIENTES DE LA SECUENCIA. PARA ESO SE REQUIEREN MECANISMOS DE PROHIBICIÓN DE SOLUCIONES NO FACTIBLES.

formular al menos dos HEURÍSTICAS PARA PODER RESOLVER INSTANCIAS DE MAYOR TAMAÑO.

tener la capacidad de presentar RESULTADOS EXPERIMENTALES QUE VALIDEN LA EFICIENCIA DEL MÉTODO EN SOLUCIONES BASADAS EN DATOS REALES.

Metodología

Revisión de bibliografía

Proponer un enfoque de descomposición para el problema PPMM dividiendo el tamaño del lote y las decisiones de programación.

nuestra metodología consistirá en determinar primero el tamaño del lote de los productos junto con la cantidad de tiempo que se utiliza cada combinación pieza-molde-máquina para maximizar el beneficio del producto (etapa LS-MM).

Para resolver eficientemente la ETAPA LS-MM, dejaremos de lado momentaneamente la restricción de solapamiento del molde, por lo que se puede usar un molde en más de una máquina a la vez.

Además, se tendrán que determinar algunas limitaciones de molde para evitar un gran número de soluciones no factibles, es decir, tener una familia matemática de soluciones dominantes.

Descripción de la propuesta

En la segunda etapa, la metodología debe determinar el horario para la solución parcial dada por LS-MM en cada período de planificación, de manera que se optimice una medida de trabajo en proceso (etapa SCHED).

Introducir la característica de PERMITir LA TRANSPOSICIÓN de un molde entre dos periodos en una máquina (como se ilustra en la figura 2).

Si se encuentra un calendario factible sin superposición de moldes para todos los períodos, sería una solución óptima para el problema general.

De lo contrario, para aquellos moldes que se solapan, se deberá incluir una restricción en la etapa LS-MM con el fin de cortar la solución actual del LS-MM.

Entonces iteramos a través de estas dos etapas hasta encontrar una solución óptima.

Este procedimiento, que puede ser visto como un algoritmo de plano cortante, podría tomar mucho tiempo para llegar a una solución factible. Sin embargo, debemos encontrar una implementación de nuestro esquema de descomposición para el cual sólo se necesiten pocas iteraciones.

Resultados experimentales con bases de datos generadas aleatoriamente y con bases de datos de empresas reales.

Escritura de artículos.

Programa de actividades

En la Figura 3 de los anexos se muestra el programa de actividades con respecto a la calendarización de la metodología propuesta.

Resultados esperados

GENERACIÓN DEL CONOCIMIENTO DE FRONTERA:

GENERACIÓN DE UNO O VARIOS MODELO MATEMÁTICO PARA EL PROBLEMA DE LOT-SIZING CON SCHEDULING CONSIDERANDO EQUIPO AUXILIAR Y TIEMPOS DE PREPARACIÓN DEPENDIENTES DE LA SECUENCIA. GENERAR UN ESQUEMA DE DESCOMPOSICIÓN PARA EL PROBLEMA INTEGRADO DE LOT-SIZING CON SCHEDULING CONSIDERANDO EQUIPO AUXILIAR Y TIEMPOS DE PREPARACIÓN DEPENDIENTES DE LA SECUENCIA. PARA ESO SE REQUIEREN MECANISMOS DE PROHIBICIÓN DE SOLUCIONES NO FACTIBLES.

RESULTADOS ACADÉMICOS:

DOS ARTÍCULOS CIENTÍFICOS INDEXADOS, PRESENTACIÓN EN DOS CONGRESOS INTERNACIONALES Y PRESENTACIÓN EN DOS CONGRESOS NACIONALES. UNA VINCULACIÓN CON LA INDUSTRIA. UN POSTDOCTORANTE, UN ESTUDIANTE DE DOCTORADO EN CURSO, DOS ESTUDIANTES DE MAESTRÍA GRADUADOS.

Entregables esperados

DOS ARTÍCULOS CIENTÍFICOS INDEXADOS, PRESENTACIÓN EN DOS CONGRESOS INTERNACIONALES Y PRESENTACIÓN EN DOS CONGRESOS NACIONALES. UNA VINCULACIÓN CON LA INDUSTRIA. UN POSTDOCTORANTE, UN ESTUDIANTE DE DOCTORADO EN CURSO, DOS ESTUDIANTES DE MAESTRÍA GRADUADOS.

¿Tiene otra propuesta con apoyo vigente de CONACYT?

EN Abril 2017 cierro un proyecto de problemas nacionales: Planeación para la Compleja Estructura del Transporte Urbano en México a través de la Optimización para la Reducción de Costos y Consumo Energético (I0002 PDCPN2013-01/213630). Como su título lo indica, el tema del proyecto por cerrar es el transporte urbano que es la segunda línea de investigación de Yasmin rios. Ambos temas son de optimización combinatoria, sin embargo, las estructuras matemáticas para los problemas de transporte y para los problemas de producción son sumamente diferentes. En dicho proyecto se publicaron 3 artículos indexados, se tienen sometidos otros dos, se graduaron dos estudiantes de doctorado.

Bibliografía

EREN, T. (2007). A MULTICRITERIA SCHEDULING WITH SEQUENCE-DEPENDENT SETUP TIMES. APPLIED MATHEMATICAL SCIENCES, 1, 2883-2894.

SOURD, F. (2006). DYNASEARCH FOR THE EARLINESS-TARDINESS SCHEDULING PROBLEM WITH RELEASE DATES AND SETUP CONSTRAINTS. OPERATIONS RESEARCH LETTERS, 34, 591-598.

STECCO, G., CORDEAU, J.-F., & MORETTI, E. (2008). A BRANCH-AND-CUT ALGORITHM FOR A PRODUCTION SCHEDULING PROBLEM WITH SEQUENCE-DEPENDENT AND TIME-DEPENDENT SETUP TIMES. COMPUTERS & OPERATIONS RESEARCH, 35, 2635-2655.

WENG, M. X., LU, J., & REN, H. (2001). UNRELATED PARALLEL MACHINE SCHEDULING WITH SETUP CONSIDERATION AND A TOTAL WEIGHTED COMPLETION TIME OBJECTIVE. INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION ECONOMICS, 70, 215-226.

CHEN, Z.-L., & POWELL, W. B. (2003). EXACT ALGORITHMS FOR SCHEDULING MULTIPLE FAMILIES OF JOBS ON PARALLEL MACHINES. NAVAL RESEARCH LOGISTICS, 50, 823-840.

HAASE, K., & KIMMS, A. (2000). LOT SIZING AND SCHEDULING WITH SEQUENCE-DEPENDENT SETUP COSTS AND TIMES AND EFFICIENT RESCHEDULING

Descripción de la propuesta

OPPORTUNITIES. INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION ECONOMICS, 66, 159¿169.

LI, S., LI, G., & ZHANG, S. (2005). MINIMIZING MAKESPAN WITH RELEASE TIMES ON IDENTICAL PARALLEL BATCHING MACHINES. DISCRETE APPLIED MATHEMATICS, 148, 127¿134.

VILÍM, P. (2006). BATCH PROCESSING WITH SEQUENCE DEPENDENT SETUP TIMES. IN P. VAN HENTENRYCK (ED.), PRINCIPLES AND PRACTICE OF CONSTRAINT PROGRAMMING - CP 2002 (PP. 153¿167). BERLIN: SPRINGER VOLUME 2470 OF LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE.

QUADT, D., & KUHN, H. (2008). CAPACITATED LOT-SIZING WITH EXTENSIONS: A REVIEW. 4OR, 6, 61¿83.

ROBINSON, P., NARAYANAN, A., & SAHIN, F. (2009). COORDINATED DETERMINISTIC DYNAMIC DEMAND LOT-SIZING PROBLEM: A REVIEW OF MODELS AND ALGORITHMS. OMEGA, 37, 3¿15.

CHEN, H. (2015). FIX-AND-OPTIMIZE AND VARIABLE NEIGHBORHOOD SEARCH APPROACHES FOR MULTI-LEVEL CAPACITATED LOT SIZING PROBLEMS. OMEGA, 56, 25¿36.

CHRÉTIENNE, P., HAZIR, O., & KEDAD-SIDHOUM, S. (2011). INTEGRATED BATCH SIZING AND SCHEDULING ON A SINGLE MACHINE. JOURNAL OF SCHEDULING, 14, 541¿555.

HAZIR, O., & KEDAD-SIDHOUM, S. (2012). BATCH SIZING AND JUST-IN-TIME SCHEDULING WITH COMMON DUE DATE. ANNALS OF OPERATIONS RESEARCH, (PP. 1¿16).

MARINELLI, F., NENNI, M. E., & SFORZA, A. (2007). CAPACITATED LOT SIZING AND SCHEDULING WITH PARALLEL MACHINES AND SHARED BUFFERS: A CASE STUDY IN A PACK-AGING COMPANY. ANNALS OF OPERATIONS RESEARCH, 150, 177¿192.

Ibarra-Rojas, O., Ríos-Mercado, R., Rios-Solis, Y., & Saucedo-Espinosa, M. (2011). A decomposition approach for the piece¿mold¿machine manufacturing problem. International Journal of Production Economics, 134, 255¿261.

Objetivos resumidos para formalización

EL OBJETIVO ES FORMULAR UN MODELO MATEMÁTICO QUE INCORPORE DESIGUALDADES VÁLIDAS PARA REFORZAR EL POLIEDRO DE ESPACIO DE SOLUCIONES Y ASÍ PERMITIR UNA DESCOMPOSICIÓN QUE PERMITA OBTENER SOLUCIONES ÓPTIMAS PARA EL PROBLEMA INTEGRAL DE LOT-SIZING CON SCHEDULING.

Grupo de trabajo

No. CVU: 217423
Nombre: OMAR JORGE IBARRA ROJAS
Actividades: Experto en problemas de scheduling y de lot-sizing. Su tarea será desarrollar modelos, desigualdades válidas, programación de algoritmos y resultados experimentales.

No. CVU: 781117
Nombre: CITLALI MARYURI OLVERA TOSCANO
Actividades: Realización de experimentación y de validación de modelos

Comentarios extras

En el proyecto se trabajará con la Dra. Safia Kedad-Sidhoum, Universidad Paris 6, Francia. (<http://www-desir.lip6.fr/~safia/>)
Experta en problemas de scheduling y de lot-sizing. Su tarea será desarrollar modelos, desigualdades válidas, validar algoritmos de resolución.

Presupuesto

GASTO CORRIENTE

Tipo:	Acervos bibliográficos
Costo:	\$15,000.00
Justificación:	Tonners, papel, etc.
Tipo:	Actividades de difusión
Costo:	\$100,000.00
Justificación:	Talleres relacionados con el tema del proyecto tanto internos como entre grupos de investigación.
Tipo:	Apoyo para formación de Recursos Humanos (Asistentes de proyectos y postdoctorados)
Costo:	\$532,900.00
Justificación:	Postdoctorante para fortalecer el área de investigación.
Tipo:	Apoyo para formación de Recursos Humanos (Asistentes de proyectos y postdoctorados)
Costo:	\$80,000.00
Justificación:	Becas a estudiantes doctorales o de maestría cuando no tengan beca de pnpic
Tipo:	Cuotas de inscripción a congresos internacionales, seminarios y talleres
Costo:	\$60,000.00
Justificación:	Dos congresos internacionales, dos congresos nacionales (SMIO o SMM) por año para los participantes y estudiantes.
Tipo:	Documentos y servicios de información
Costo:	\$20,000.00
Justificación:	Material hemero-bibliográfico y datos tipo INEGI, estudios de mercado.
Tipo:	Estancias técnico-académicas
Costo:	\$300,000.00
Justificación:	Visita de la Dra. Kedad a México, estancia de investigación para participantes del proyecto y estudiantes.
Tipo:	Trabajo de campo (Recolección de datos, muestras y jornadas de trabajo no formal)
Costo:	\$80,000.00
Justificación:	Trabajo de campo para la recolección de datos e información en diferentes industrias manufactureras. Se requieren varios días de recopilación de datos para poder hacer estadísticas fiables. Se busca tener datos reales para al menos 10 empresas.

Presupuesto

Tipo:	Pasajes y viáticos (Incluye los gastos para la asistencia a eventos y estancias)
Costo:	\$200,000.00
Justificación:	Transportación a los participantes y asistentes de proyectos registrados , reuniones de investigación para estudiantes y participantes.
Tipo:	Publicación, edición e impresiones
Costo:	\$100,000.00
Justificación:	Publicación de artículos en revistas, la impresión de material para la divulgación, la difusión de los resultados del proyecto o la comunicación pública de la ciencia.
Tipo:	Software especializado (No incluye paquetería de oficina)
Costo:	\$350,000.00
Justificación:	Gastos para licencias de software: Simuladores, GAMS.
Tipo:	Servicios externos especializados (Despacho auditor/ Servicios de análisis/Servicio de apoyo a eventos)
Costo:	\$21,000.00
Justificación:	Gastos para pago de un despacho externo de auditoria
Total:	\$1,858,900.00

Presupuesto

GASTO DE INVERSIÓN

Tipo:	Equipo (Incluye gastos y derechos de importación)
Costo:	\$300,000.00
Justificación:	Computadoras capaces de resolver modelos matemáticos complejos. * Una Mac pro (\$208,497.00): Mac Pro 12 núcleos de 2.7 GHz con 30 MB de caché L3 64 GB (4 de 16 GB) de memoria DDR3 ECC de 1866 MHz Almacenamiento en flash de 1 TB basado en PCIe Dos GPUs AMD FirePro D500 con 3 GB de GDDR5 VRAM cada uno. * Una computadora de escritorio iMac (\$55,898.00): Procesador Intel Core i7 quad core de 3.3 GHz, Turbo Boost de hasta 3.8 GHz 16 GB de memoria LPDDR3 de 1867 MHz Almacenamiento flash de 512 GB Intel Iris Pro Graphics 6200
Total:	\$300,000.00