CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA ECONÓMICAS, A.C.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA-FINANCIERA DE LA EXPANSIÓN DE PRODUCCIÓN Y VENTAS DE IMPRESIÓN DIGITAL DE MATERIALES RÍGIDOS EN LA ZONA CENTRAL DE MÉXICO

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN ECONOMÍA

PRESENTA

GABRIEL ESTRADA ESCALANTE

DIRECTOR DE TESINA: FAUSTO HERNÁNDEZ TRILLO

MÉXICO, D.F. OCTUBRE DE 2011

Agradecimientos

Estoy muy agradecido con el CIDE por haberme dado la oportunidad de formarme en esta institución de primer nivel. En sus clases, sesiones de estudio y exámenes me convertí en profesionista y entre profesores y amigos crecí como persona. Siempre estaré orgulloso de ser egresado de esta universidad.

En especial quiero agradecer a mis padres, Lorenza y Gabriel, porque su amor, su apoyo incondicional y su ejemplo me han dado la determinación y la seguridad necesarias para tomar las decisiones correctas, aún las más difíciles. Por eso, estoy orgulloso de haber escrito mi tesina sobre un proyecto futuro para la empresa que mis padres crearon y con la que hemos logrado muchas cosas juntos. Estoy convencido de que este es sólo un paso más hacia un futuro plagado de éxitos que conseguiremos en familia.

Quiero agradecer a mi tía Lourdes, a mi hermana Ana Lorena y a mi prima Mildred por su cariño y por haberme apoyado a lo largo de estos años en mil y un maneras. Y a todos mis tíos y primos, a quienes aprecio mucho.

A Jorge García y Sergio Montero por haberse convertido en mis hermanos y por compartir conmigo la determinación que nos llevó y nos llevará a tener éxito siempre. También quiero agradecerles a los padres de cada uno, por su enorme cariño y apoyo durante el CIDE y después.

A mi hermano de toda la vida Guillermo Bernal, cuyo consejo preciso me llevó al CIDE y con quien mantengo una amistad incondicional con la que seguiremos librando muchas batallas. A mi gran amigo Javier Martín por incursionarme al juego político, a la vida independiente y por compartir conmigo muchos ratos de buena vida. A Miguel Bribiesca por haber sido un excelente compañero de piso, además de ser un muy buen amigo.

A mis compañeros Vannesa, Andrea, Claudia, Diana, Martha, Lucía, Guillermo, Francisco, Vicente y Osvaldo porque encaramos juntos un sinnúmero desvelos y preocupaciones, pero también disfrutamos los buenos momentos. A mis amigos Isabel, Judith, Sofía, Hegel, Patrizio y Andrés porque aun cuando no compartimos tanto tiempo en el salón de clases, forjamos una amistad valiosa.

A mi asesor Fausto Hernández por ser un excelente maestro y por su apoyo a lo largo de la elaboración de este trabajo y en los primeros pasos hacia convertirme en un financiero. A Raúl Feliz por enseñarme en el salón de clases cómo funciona el sector financiero en la vida real y la importancia de ser sagaz en la toma de decisiones. A Alexander Elbittar por incursionarme en la teoría de juegos y por su papel clave en la metodología de este trabajo. A Víctor Carreón, Alejandro Villagómez y Gerardo Zúñiga por su excelencia como docentes y por su apoyo dentro y fuera del salón de clases.

Y a Mauricio Costemalle y Antonio Hernández por ser mis nuevos maestros, ya que me han enseñado lo interesante, retador, divertido, a veces difícil, pero a fin de cuentas satisfactorio que es ser un financiero.

Gracias a todos

Gabriel

Estudio de factibilidad económica-financiera de la expansión de producción y ventas de impresión digital de materiales rígidos en la zona central de México

Gabriel Estrada Escalante

Asesor: Fausto Hernández Trillo

1. Introducción

Dpubli (en adelante la "Empresa" o la "Compañía", indistintamente) es una empresa manufacturera de impresión digital en materiales flexibles (lona, vinil, etc.) y es revendedora de impresión digital en materiales rígidos (trovicel, coroplast, etc.), cuyo uso es principalmente para fines publicitarios. Esta investigación consistió en evaluar la entrada de la empresa Dpubli al mercado de la impresión en los materiales rígidos como manufacturera mediante la adquisición de una máquina de impresión. La evaluación se llevó a cabo mediante el análisis de opciones reales. La hipótesis es que la compra de una máquina

de impresión digital en rígidos es un proyecto rentable y con un valor mayor con el Análisis de Opciones Reales (*Real Option Analysis*, ROA) que con el Valor Presente Neto (VPN). Primero se presenta el análisis cualitativo, después el modelo financiero y finalmente los resultados del análisis mediante opciones reales.

La principal conclusión de este trabajo es que la evaluación de la expansión de la entrada de Dpubli como manufacturera al mercado de rígidos mediante el ROA evidencia que el proyecto es más atractivo de lo que indica el VPN. Como sustento de esta conclusión se sensibilizaron las proyecciones de las variables de riesgo, es decir, la demanda, el precio y los costos de los insumos, encontrando también en todos los casos que el ROA es mayor que el VPN, y que el valor de las opciones (el excedente del ROA sobre el VPN) representa un porcentaje mayor del ROA en los escenarios positivos que en los escenarios negativos, lo que refleja que en los primeros se aprovecha más la flexibilidad.

2. Situación de la Compañía y de la Industria

Actualmente Dpubli obtiene un 90% de sus utilidades a partir de la impresión en materiales flexibles (IF) y un 10% de sus utilidades a partir de la reventa de impresión en materiales rígidos (IR). Los clientes de Dpubli son revendedores, agencias de diseño, empresas en general, políticos, etc. La empresa trabaja a puerta cerrada, por lo que ha seguido una estrategia de publicidad mediante anuncios en internet. Un 86% de sus clientes los obtiene mediante ese medio y un 14% mediante recomendación. Dpubli ocupa la capacidad de sus máquinas de IF en un 72% de las horas hábiles aproximadamente y en promedio obtiene un margen bruto de un 24%. Las ventas se han incrementado en promedio anualmente en un 5.6% desde el 2007.

Dpubli se caracteriza por ofrecer una relación calidad/precio superior a la de muchos competidores en IF, la mayoría de los cuales se encuentran en un clúster en la colonia Algarín. Los

impresores que proveen a las grandes compañías poseen maquinaria que les permite ofrecer una relación precio/calidad superior a la de la Compañía. Sin embargo, a estos impresores no les interesa atender a clientes pequeños y medianos, que es el mercado que atienden Dpubli y competidores de su tipo.

Recientemente, la competencia se ha elevado en el mercado de IF en los nichos de clientes pequeños y medianos. Tres antiguos clientes que eran revendedores y representaban cada uno aproximadamente un 10% de las ventas de Dpubli han adquirido máquinas para comercializar en el sector. No obstante, la aparición de nuevos clientes ha permitido conservar el crecimiento sostenido de la empresa. Asimismo, puesto que en muchos estados de la república han surgido impresores, muchos clientes de provincia han dejado de demandar los productos de la empresa sin que hayan aparecido muchos nuevos clientes de estas regiones que lleguen mediante la publicidad en internet. Esto se ha reflejado en un cambio progresivo de la demanda de

un 65% del D.F. y un 35% de provincia en el 2007 a un 91% del D.F. y 9% de provincia en junio de 2011.

Asimismo, la tasa de éxito de llamada telefónica de cliente nuevo (cotización) que se concreta en pedido se ha reducido de un 28% a un 20% en estos tres años. Todo lo anterior ha provocado que el margen bruto se haya reducido de aproximadamente un 36% a un 24% en los últimos 3 años. No obstante, esto no es un fenómeno exclusivo de la empresa, ya que si bien cuatro competidores crecieron en promedio un 4.8% entre el 2007 y el 2010, su margen bruto promedio se ha reducido de aproximadamente un 34% a un 22% en estos tres años.[1]

En cambio, en el mercado de la IR el crecimiento anual compuesto promedio de tres proveedores de Dpubli ha sido de aproximadamente un 11% con un margen bruto promedio de un

[1] Fuente: datos promedio de cuatro competidores

42% en los últimos tres años.[2] El costo de adquirir una máquina adecuada para la IR de alta resolución con una anchura de 1.6 metros es de alrededor de 2 millones de pesos (Hewlett Packard, FB500). Este costo de inversión es sustancialmente mayor al de una máquina de IF, que de tamaño y calidad equivalente cuesta alrededor de un millón de pesos. Sin embargo, la disposición a pagar de los clientes es muy superior por las capacidades comerciales de los rígidos y el mercado de IR es mucho menos competido, de tal modo que los márgenes son mayores en IR.

Si bien el margen de EBITDA[3] para Dpubli como revendedor de IR es de tan solo un 14%, le ha resultado necesario entrar al mercado porque un 28% de sus clientes le piden IR e IF conjuntamente y si no les ofreciera IR, la empresa estima que perdería a la mitad de ellos en IF porque sus necesidades son conjuntas. Como Dpubli no es manufacturera de IR, los precios que ofrece en promedio son un 32% más altos

[2] Fuente: datos promedio de tres proveedores
[3] Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation, and Amortization

que los de la competencia, lo cual ha provocado que muchos clientes antiguos y potenciales busquen otro proveedor. Por lo mismo, la tasa de éxito de llamada de cliente nuevo (cotización) que se concreta en pedido es muy inferior para la IR (5%) que para IF (20%).

Con la entrada a la manufactura de IR, Dpubli seguirá proveyendo a sus clientes actuales de IR, pero con un margen de ganancia mucho mayor. Además, la efectividad de la publicidad para captar clientes nuevos se incrementará. Asimismo, será más rentable abrir puntos de venta al aprovechar las economías de escala que implica que Dpubli esté posicionada en los mercados complementarios en consumo de IR e IF. También, al ser complementos en compra a proveedores, los costos de los insumos de IR e IF se reducirán al alcanzar un mayor volumen de compras con la manufactura de IR.

3. Análisis económico del mercado

Según Michael Porter[4], para evaluar si entrar o no a un mercado y mantener la rentabilidad en el largo plazo la empresa debe actuar estratégicamente tomando en cuenta: barreras a la entrada, determinantes de la rivalidad entre los competidores de la industria, determinantes del poder de los proveedores, determinantes del poder de los clientes y determinantes de la amenaza de sustitución. A continuación se analizan estos elementos para el proyecto de Dpubli en IR:

Barreras a la entrada. La principal barrera a la entrada para Dpubli en el sector de IR son los altos requisitos de capital. Dpubli puede aprovechar que ya tiene ventajas en costos como una curva de aprendizaje desarrollada en IF y acceso a los insumos necesarios de IR gracias a su presencia en IF. También, Dpubli podrá aprovechar las economías de escala en mercadeo,

[4] Michael E. Porter, *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors*, New York, Free Press, 1980, cap. 1.

distribución y otros elementos por la complementariedad que tienen sus otros productos con la IR. Finalmente, la identidad de marca ya tiene un punto de partida en la IR, porque Dpubli es actualmente revendedor.

Determinantes de la rivalidad entre los competidores de la industria. Tanto en IR como en IF la diferenciación es baja y los costos de los clientes para cambiarse entre proveedores son bajos, lo que eleva la competencia. Sin embargo, la concentración en IR es más baja, ya que no hay líderes claros en el mercado. Además, el crecimiento esperado de la industria de la impresión digital en IR es mayor que en IF, lo que implica una menor rivalidad entre los competidores.

Determinantes del poder de los proveedores. Los proveedores que venden las máquinas tienen un alto poder de influencia. En cambio, no hay una alta concentración en los proveedores de insumos como tintas y superficies para imprimir,

ni altos costos de cambiarse de un proveedor a otro. Además, el impacto de los insumos en costos o diferenciación es bajo.

Determinantes del poder de los clientes. Así como hay clientes con un alto volumen de compras y elevado poder de mercado, también hay muchos medianos y pequeños a los que se les puede discriminar en precio. Los clientes grandes tienen una alta sensibilidad al precio, mientras que los pequeños no.

Determinantes de la amenaza de sustitución. Los productos sustitutos son pocos, ya que la IR es un producto para necesidades muy específicas. Es decir, los consumidores tienen una baja propensión a sustituir.

En suma, la menor competencia y mayor rentabilidad en la industria de IR que en IF justifica la entrada a ese mercado a pesar del alto costo de entrada.

4. Modelo de Negocios de la Unidad de Impresión en Sustratos Rígidos

Porter ha condensado en tres tipos genéricos las estrategias que una empresa puede seguir para mantener la ventaja competitiva e incrementar sus beneficios: liderazgo en costos, diferenciación y enfoque.[5] Al comprar la máquina de IR y dejar de revender, se espera que Dpubli logre una mejor posición en liderazgo en costos. Además, incrementará su diferenciación como empresa multiproducto para clientes grandes que hasta ahora sólo le compraban IF por no ser manufacturera de IR.

Partiendo de la justificación estratégica anterior para la incursión a la manufactura de IR, siguiendo a Mark W. Johnson se conceptualizó el modelo de la Unidad de Negocios de Impresión en Rígidos en cuatro elementos: la propuesta de valor, los recursos clave, los procesos clave y la generación de

[5] Michael E. Porter, *op. cit.*, cap. 2.

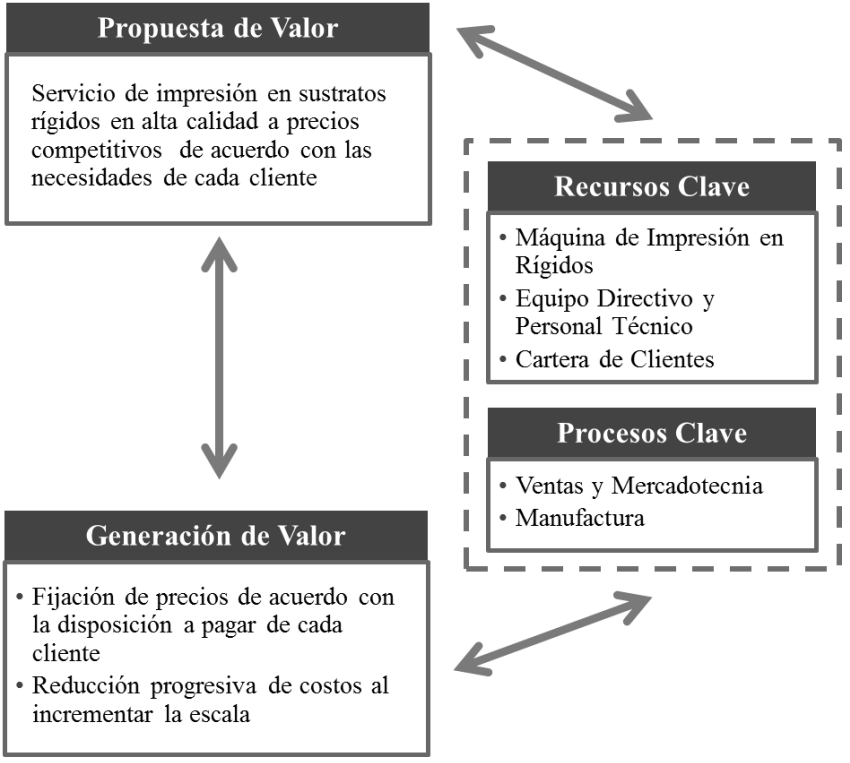
valor.[6] La propuesta de valor es la provisión de un servicio de impresión en materiales rígidos en alta calidad a precios competitivos. Será posible ofrecer esta propuesta de valor con tres recursos clave. El primero es el equipo directivo y el personal técnico, que tienen amplia experiencia en el sector. El segundo es la máquina de impresión en rígidos que se adquirirá. El tercero es la cartera de clientes que actualmente tiene la Compañía, a la cual le podrá ofrecer este servicio.

Los procesos clave son dos. Por un lado las ventas y la mercadotecnia efectivas y por otro lado una manufactura eficiente que genere productos con alta calidad y que cumplan con las expectativas de los clientes. A partir de estos elementos, la generación de valor dependerá de la capacidad de fijación de precios de acuerdo con la disposición a pagar de cada cliente, buscando maximizar los ingresos, y la reducción progresiva de los costos al aprovechar las economías de escala.

---

[6] Mark W. Johnson, *Seizing the White Space: Business Model Innovation for Growth and Renewal*, Harvard Business Press, 2010.

Gráfica 1. Modelo de Negocios de la Unidad de Impresión en Sustratos Rígidos de Dpubli



5. Proyecciones Financieras

Con base en el plan de negocios de la Compañía, se construyeron las proyecciones financiares de la Unidad de Impresión en Rígidos (en términos reales). A continuación se presentan las variables que se modelaron:

Q_t = Demanda. La demanda potencial de la IR involucra la suma ponderada de revendedores, agencias de diseño, empresas en general, políticos, etc.

P_t = Precio. Se construyó un precio esperado promedio.

$COGS_t$ = Costos de bienes vendidos. Suma de salarios y costos de los insumos.

$SG\&A_t$ = Gastos de ventas, generales y administrativos.

$CAPEX_t$ = Inversión de la máquina pagada anualmente en cuatro años con sustitución por una nueva cada que se cumple ese periodo, ya que la depreciación agota el activo.

DEP_t = Depreciación a cuatro años.

TX_t = Impuestos.

La información sobre el costo de la máquina y el esquema de financiamiento son de la FB500 de Hewlett Packard. Se asume que la máquina se recibe el 1 de enero de 2012. El costo total de la máquina en pagos anuales traídos a valor presente es de $1,900,000. Si se añaden los gastos adicionales de instalación eléctrica, equipo de cómputo, etc. se determina un gasto de $2,000,000 por máquina.

La Compañía proyecta que sus ingresos en el primer año provendrán principalmente de su cartera actual de clientes que sólo le compran IF pero que están dispuestos a comprarle también IR si la Compañía adquiere el equipo HP. Se proyecta que incrementarán sus ingresos a partir de clientes nuevos hasta llegar a un punto estable en el tercer año, que es la demanda promedio actual anual de 30,000 m^2 que tienen las empresas que poseen una FB500 según HP.[7] En adelante, el crecimiento de la demanda será al ritmo del mercado, que la agencia de medios

[7] Hewlett-Packard Development Company, L.P. "HP printer portfolio for sign and display applications", 2010. (www.hp.com/scitex/portfolio.pdf)

Magna pronostica que será de un 5.3%.[8] Para el año terminal se asume que ya no hay crecimiento. El precio se fija de acuerdo con el volumen de demanda de cada cliente, por lo que se proyectó un precio promedio ponderado, que parte en $185 y progresivamente va disminuyendo debido a que se espera un incremento paulatino en el nivel de competencia. En la Tabla 1 se presenta la proyección de la demanda y el precio.

Tabla 1. Proyección de variables fundamentales

Año	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Demanda (m2)	15,385	23,077	30,000	31,575	33,233	33,233
Crecimiento		*50.0%*	*30.0%*	*5.3%*	*5.3%*	*0.0%*
Precio/m2	185	181	177	173	169	169
Costo/m2 insumos	60	59	58	57	56	56
Costo/m2 salarial	30	30	30	30	30	30

Los costos de los insumos (tintas y superficies sobre las que se imprime) se obtienen a partir de un promedio de los precios que ofrecen los mejores proveedores que hay en el mercado y se estima que son de $60/m^2. El salario de los trabajadores se asume que es el mismo que Dpubli paga actualmente para sus

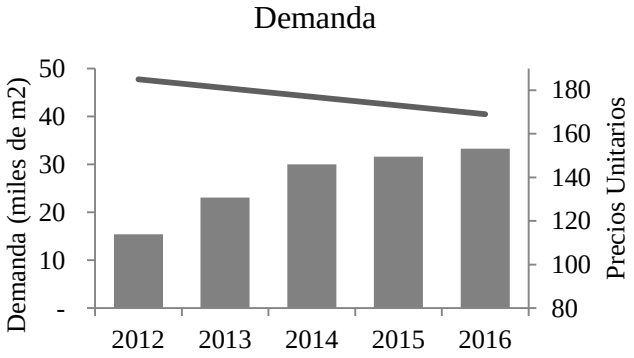
[8] Magna Advertising Forecast 2010, Interpublic group. (http://www.magnainsights.com/docs/Part2_Country_Data.pdf)

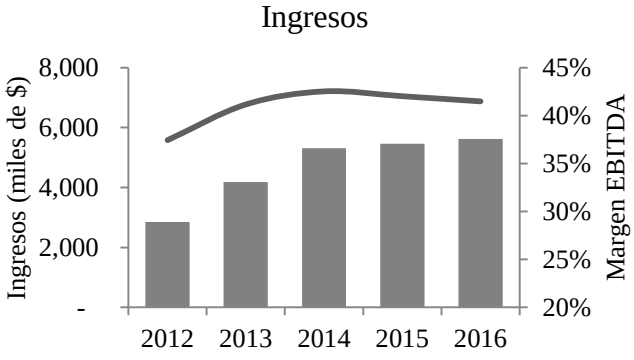
otros servicios que son $30/m^2, lo cual es un supuesto razonable por lo que se ha observado en empresas de IR. Los gastos de ventas, generales y administrativos se proyecta que ascenderán a 396,000 pesos en el primer año. Finalmente, a los ingresos por las ventas se les resta un 16% de IVA neto del IVA de costos y gastos y a las utilidades se les resta un 30% del ISR. En la Tabla 2 se muestra el Estado de Resultados Proyectado a partir de la información anterior.

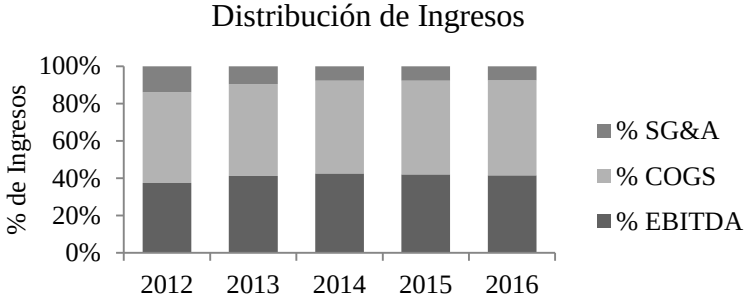
Tabla 2. Estado de Resultados Proyectado de la Unidad de Negocios (miles de pesos)

Año	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**
Ingresos	2,846	4,177	5,310	5,462	5,616	5,616
COGS	1,385	2,054	2,640	2,747	2,858	2,858
Utilidad Bruta	1,462	2,123	2,670	2,715	2,758	2,758
Margen	*51.4%*	*50.8%*	*50.3%*	*49.7%*	*49.1%*	*49.1%*
SG&A	396	404	412	420	429	429
EBITDA	1,066	1,719	2,258	2,295	2,330	2,330
Margen	*37.4%*	*41.2%*	*42.5%*	*42.0%*	*41.5%*	*41.5%*
Depreciación	500	500	500	500	500	500
EBIT	566	1,219	1,758	1,795	1,830	1,830
Margen	*19.9%*	*29.2%*	*33.1%*	*32.9%*	*32.6%*	*32.6%*
Impuestos	289	558	780	796	810	810
EBIAT	277	661	978	1,000	1,020	1,020
Margen	*9.7%*	*15.8%*	*18.4%*	*18.3%*	*18.2%*	*18.2%*

Gráfica 2. Proyecciones de componentes del Estado de Resultados







6. Modelo Financiero de Valuación

Siguiendo la metodología para valuación mediante opciones reales combinando incertidumbres mediante simulaciones de Monte Carlo de Copeland y Antikarov, el proceso de valuación consistió en los siguientes tres pasos:

El caso base en VPN sin flexibilidad

- Calcular el Flujo de Efectivo Libre (FEL) usando los valores esperados del precio, cantidad y costo de insumos.
- Obtener el Valor Terminal (VT) y el Costo Promedio Ponderado del Capital (WACC).
- Computar el VPN de los flujos y obtener su evolución en el tiempo.

Modelación de la Incertidumbre

- Especificación de las incertidumbres del precio, la demanda y costo de insumos.
  - La administración proveyó los valores más bajos en el año seis con un 95% de confianza.
  - Se obtuvieron las volatilidades de sus tasas de crecimiento.
- Simulación de Monte Carlo asumiendo que las tasas de crecimiento covarían.
- Obtención de la tasa de retorno del Valor Presente y su desviación estándar.
- Construcción de árboles de eventos de Valor Presente.

Cálculo del Valor mediante Opciones Reales (ROA)

- Identificación de las opciones reales disponibles para la unidad de negocios de IR: expansión o cerrar el negocio y vender la maquinaria.
- Construcción del árbol binomial computando el valor máximo en cada nodo y utilizando la metodología de replicación de portafolio.
- Sustracción del VPN del ROA para encontrar el valor combinado de todas las opciones.

6.1. El caso base en VPN sin flexibilidad

Para calcular el Flujo de Efectivo Libre (FEL), de la Tabla 2 se retomó el EBIAT, se le sumó la depreciación y se le restaron los gastos de capital, como se aprecia en la Tabla 3.

Tabla 3. Flujo de efectivo libre (miles $)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
EBIAT	**277**	**661**	**978**	**1,000**	**1,020**	**1,020**
+ Depreciación	500	500	500	500	500	500
- Gastos de Capital	(500)	(500)	(500)	(500)	(500)	(500)
Flujo de Efectivo Libre	**277**	**661**	**978**	**1,000**	**1,020**	**1,020**
Valor Terminal					**4,863**	

La tasa de descuento del proyecto es el costo promedio ponderado del capital, que se presenta a continuación. Con ella se proyectó el Valor Terminal (VT) a partir del flujo del año 2017 como una perpetuidad con crecimiento cero.

Tabla 4. Costo Promedio Ponderado del Capital (WACC)

	Costo del Capital	
(a)	Tasa libre de riesgo de E.U.	4.10%
(b)	Prima de riesgo de capital accionario	6.70%
(c)	Beta	2.1
	Prima ajustada	14.17%
(d)	Riesgo país (México)	1.87%
(e)	Prima por tamaño	12.06%
	Costo Nominal del Capital	32.20%
(f)	Inflación de E.U.	2.20%
	Costo Real del Capital	29.36%
	Costo de la deuda	
(g)	Tasa de interés	20.00%
(h)	Tasa efectiva de impuestos	30.00%
	Costo Nominal de la Deuda	14.00%
(i)	Inflación de México	3.68%
	Costo Real de la Deuda	9.95%

	%	Costo
Capital	56.8%	16.7%
Deuda	43.2%	4.3%
WACC		**21.0%**

(a) Retorno de largo plazo (20 años) de Bonos del Tesoro de E.U. Fuente: Ibbotson Associates, Risk Premia Over Time Report, 2011

(b) Retorno promedio del S&P 500 menos el retorno de bonos de largo plazo del tesoro de E.U. Fuente: Ibbotson Associates, op. cit., 2011

(c) Beta calculada a partir de la mediana de muestra de empresas comparables públicas de E.U. de la industria de impresión digital

(d) Riesgo país de México. Fuente: Índice de los Bonos de Mercados Emergentes de J.P. Morgan, octubre de 2011

(e) Prima promedio del subgrupo de microcapitalización de 1.2 MDD a 85 MDD. Fuente: Ibbotson Associates, op. cit., 2011

(f) Inflación esperada promedio 2012-2016 de E.U. Fuente: Economist Intelligence Unit, 2011

(g) Tasa de interés implícita en el financiamiento del equipo

(h) Tasa efectiva de impuestos actualmente pagada por la Compañía

(i) Inflación esperada promedio 2012-2016 de México. Fuente: Economist Intelligence Unit, 2011

Empresas Comparables
Merisel Inc.
Multi-Color Corp.
R.R. Donnelley & Sons Company
Zamage Digital Art Imaging, Inc.

El costo del capital se construyó a partir de la tasa libre de riesgo de largo plazo de E.U. A esta se le añadió la prima de mercado de capital accionario ajustada por la mediana de la beta de empresas comparables de la industria de impresión digital, la prima de riesgo país de México y la prima por tamaño y se deflactó con la inflación de E.U. para obtener el costo real del capital. El costo nominal de la deuda se obtuvo de la tasa de interés implícita al igualar el valor presente neto del pago total del equipo en pagos diferidos descontados contra efectuar el pago total en el año inicial. Ajustando por la tasa efectiva de impuestos y la inflación se obtuvo el costo real de la deuda. Ponderando cada costo de acuerdo con el nivel objetivo de

deuda[9] en la estructura de capital se obtuvo una WACC del 21%.

Partiendo de la proyección del FEL presentada anteriormente, se calculó el VPN del proyecto sin flexibilidad. Se computaron los VPNs de los flujos y del valor terminal utilizando la WACC. En los contadores e índices de las variables el año 0 es 2011, el año 1 es 2012 y así sucesivamente.

$$VPN = \sum_{t=1}^{4} \frac{FEL_t}{(1+WACC)^t} + \frac{FEL_5 + VT}{(1+r)^5} \qquad VT = \left\{\frac{FEL_6}{r}\right\}$$

A continuación se presentan el valor de la empresa obtenido mediante VPN.

Tabla 5. Valor Presente Neto de la Empresa (miles $)

VPN de los Flujos	2,093	52.7%
VPN del Valor Terminal	1,877	47.3%
Valor de la Empresa	**3,970**	

[9] Mediana de las empresas comparables

6.2. Modelación de la Incertidumbre

La cantidad de unidades vendidas por año, el precio unitario y el costo de unitario de los insumos fueron identificadas como las tres principales fuentes de incertidumbre para el proyecto y que determinan su volatilidad. Por lo tanto, se modelaron sus trayectorias con la siguiente metodología.

El precio en t está definido por $P_t = P_{t-1}e^{r_{Pt}}$ Análogamente se definió Q_t *y* CV_t. Para obtener un intervalo de confianza de un 95%, con base en la experiencia de la administración se proveyeron las tasas de crecimiento de cada año y los valores para el límite inferior del intervalo de cada una de las tres variables en el último año. Con estos datos, las volatilidades anuales de sus tasas de crecimiento se derivaron utilizando la ecuación de estimación de volatilidad:

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^{T} r_{Pi} - ln\left(\frac{P_T^{inferior}}{P_1}\right)}{2\sqrt{T}}$$

Donde $\sum_{i=1}^{T} r_{Pi}$ = es la suma de las tasas de crecimiento hasta el año del que se tiene el límite inferior.

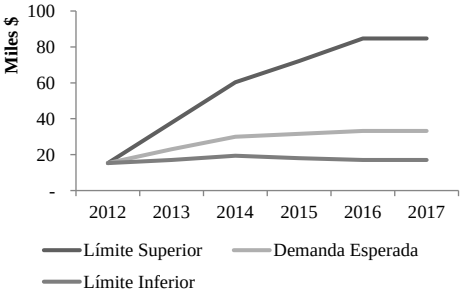
La volatilidad obtenida fue de un 20% para los crecimientos de cada una de las tres variables. A partir de la volatilidad del precio, se construyó el intervalo de confianza alrededor del valor esperado del precio para el último año.

$$Lim_u[P_6] = P_1 e^{\sum r_i + 2\sigma\sqrt{T}}$$

$$Lim_l[P_6] = P_1 e^{\sum r_i - 2\sigma\sqrt{T}}$$

Similarmente se obtuvo el intervalo de confianza para cada año y se siguió el mismo proceso para Q_t y CV_t, de tal modo que se construyeron trayectorias como las que se muestran a continuación para la demanda:

Gráfica 3. Rango de la Demanda (95% de confianza)



Se incorporaron las tres incertidumbres en la simulación de Monte Carlo de VPN mediante Crystal Ball en Excel. Para cada año se definieron las tres variables aleatorias de crecimiento con distribuciones normales y las volatilidades obtenidas anteriormente (20% para todas en este caso):

r_{Pt} = tasa de crecimiento anual del precio

r_{Qt}= tasa de crecimiento anual de unidades vendidas

r_{CVt}= tasa de crecimiento anual del costo unitario de insumos

Se asumió que las variables se interrelacionan de acuerdo con la siguiente tabla de correlaciones:

Tabla 6. Tabla de Correlaciones de Tasas de Crecimiento Variables de Riesgo

	Demanda	Costo
Precio	-80.0%	80.0%

Para cada simulación se generaron precios, cantidades y costos variables en cada año con las ecuaciones:

$$P_t = P_{t-1} e^{r_{Pt}}$$

$$Q_t = Q_{t-1} e^{r_{Qt}}$$

$$CV_t = CV_{t-1} e^{r_{CVt}}$$

Siguiendo este proceso se obtuvieron muchos conjuntos simulados de precios, cantidades y costos variables para los años pronosticados. Las distribuciones se asemejan a una forma lognormal, ya que su evolución está definida como un movimiento browniano geométrico.

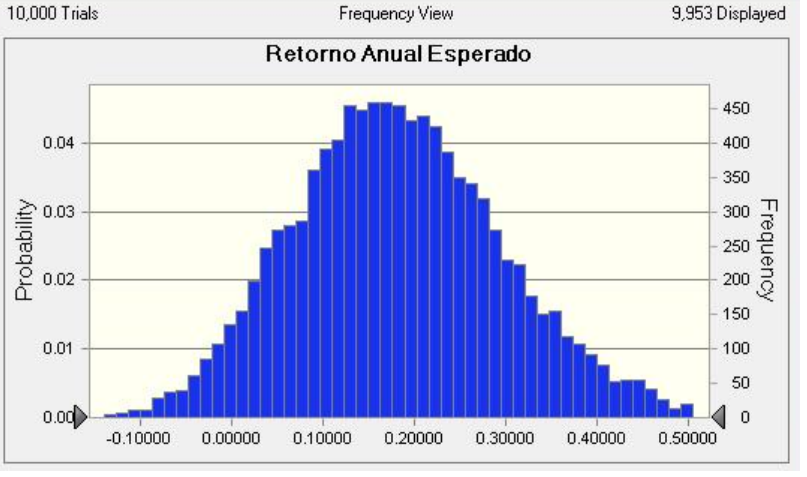
Se simuló el retorno del VPN en el año 1 con 100,000 iteraciones y se obtuvo una estimación de la media y de la volatilidad, completando así la simulación de Monte Carlo.

$$z = tasa\ de\ retorno\ \ en\ el\ año\ 1 = \ E\left[ln\left(\frac{VPN_1 + FEL_1}{VPN_0}\right)\right]$$

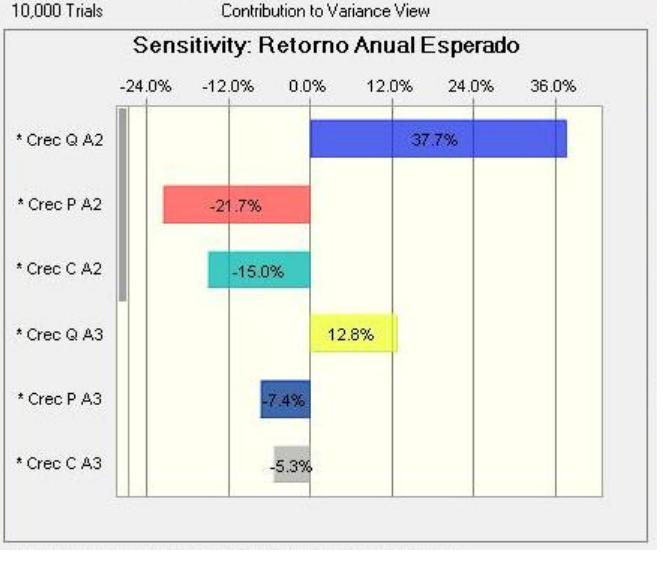
$$VPN_1 = \sum_{t=1}^{4} \frac{FEL_t}{(1 + WACC)^{t-1}} + \frac{FEL_5 + \ VT}{(1 + r)^4}$$

La distribución de la tasa de retorno en el año 1 fue aproximadamente normal y se obtuvo un retorno medio del 17.7% con una desviación estándar de 11.5%. Naturalmente, la varianza de la tasa de retorno dependió principalmente de las variables del primer y segundo año, debido a que las tasas de crecimiento de las ventas son mucho más altas que en los años siguientes, y esto impacta a su vez a las otras variables del mismo año por las correlaciones que se establecieron.

Gráfica 4. Distribución de la tasa de retorno



Gráfica 5. Sensibilidad de la tasa de retorno



El árbol de eventos

A continuación se modelaron las trayectorias del VPN del proyecto mediante un árbol de eventos, que se construyó a partir del VPN de los flujos de 2012 en adelante. Para determinar los nodos del 2013, primero se multiplicó el VPN del año 2012 por u para obtener el valor en el escenario positivo y por d para obtener el valor en el escenario negativo, donde $u = e^{\sigma\sqrt{T}}$ y $d = 1/u$. Luego se restó el flujo del 2013 a cada uno para así obtener los respectivos VPN de 2013. Como los movimientos hacia arriba y hacia abajo en el árbol son anuales, la longitud de tiempo entre nodos es $T = 1$.

$$VPN_cf_{2012}$$
$$VPN_{2012} = VPN_cf_{2012} - FCF_{2012}$$

$$VPNu_cf_{2013} = VPN_{2012} * u$$
$$VPNu_{2013} = VPNu_cf_{2013} - FCF_{2013}$$

$$VPNd_cf_{2013} = VPN_{2012} * d$$
$$VPNd_{2013} = VPNd_cf_{2013} - FCF_{2013}$$

Donde, $VPN_cf = VPN + \ flujo\ del\ año\ corriente$

Siguiendo esta metodología se completó el árbol de eventos.

6.3. Cálculo del valor mediante opciones reales (ROA)

La evaluación del proyecto incluyó dos opciones: la opción de terminarlo y la opción de llevar a cabo una expansión. En caso de llevar a cabo la expansión, el FEL se incrementó en un 70 por ciento a partir del año siguiente al establecimiento de la segunda máquina. El valor de salvamento en caso de terminar el proyecto se asumió que asciende a 1.5 millones. A partir de las opciones reales que se identificó que la administración puede ejercer a continuación se construyó el árbol binomial. Se comenzó al final del árbol en el 2017 y se analizó la ejecución óptima entre las opciones en cada nodo. El valor del proyecto en cada nodo es el máximo de continuar el negocio sin expansión, expandir el negocio o cerrar el negocio y vender la maquinaria.

$$MAX(VP\ de\ la\ empresa\ \text{sin}\ ejercer\ opciones,$$
$$VPN\ con\ expansión, Valor\ de\ salvamento)$$

En el último año, el valor de no ejercer ninguna opción es el VPN, porque ya no hay opciones en el futuro. Para obtener

el valor de no ejercer ninguna opción en años anteriores, para cada nodo se utilizó la técnica de replicación de portafolios. Bajo la ley de un solo precio, para prevenir ganancias de arbitraje, dos activos que tienen exactamente los mismos pagos en cada estado de la naturaleza son perfectos sustitutos y deben, por tanto, tener exactamente el mismo valor. Así, utilizando la tasa libre de riesgo real r_f = 1.9%[10], se utilizaron *m* acciones del activo gemelo y *B* bonos para replicar los pagos inferior y superior de cada portafolio réplica:

Pago del Portafolio réplica en el upstate:

$$ROAu = m * VPNu + B * (1 + r_f)$$

Pago del Portafolio réplica en el downstate:

$$ROAd = m * VPNd + B * (1 + r_f)$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones se obtuvieron m y B en cada caso y se calculó el valor del portafolio réplica:

[10] Retorno de largo plazo (20 años) de Bonos del Tesoro de E.U. ajustado por la inflación esperada en 2012-2016 en E.U.

$$ROA = m * VPN + B$$

Se computó el valor óptimo en cada nodo al elegir entre mantener el negocio sin expansión, expandirlo o cerrarlo y vender el equipo identificando todos los nodos en los que la ejecución de la opción de expansión o abandono fue óptima. Siguiendo esta metodología, se completó el árbol que se presenta en el **Anexo 2.** Al principio del árbol se obtuvo directamente el valor ROA del proyecto con flexibilidad en 2012, ya que en el primero nodo no se puede expandir ni cerrar. Para obtener su valor en 2011 simplemente se descontó un periodo con la WACC.

Tabla 7. Comparación de Valuaciones mediante VPN y ROA ($ miles)

ROA	5,242
VPN	3,970
Diferencia	1,272

El valor de ROA en el año cero o 2011 fue de 5.24 millones mientras que el de VPN fue de 3.97 millones, que es

menor porque el VPN falla en valorar la flexibilidad. Entonces, el valor de la flexibilidad que dan las opciones es de 1.27 millones. En función de los resultados del árbol binomial se obtuvo el siguiente árbol que muestra las decisiones óptimas.

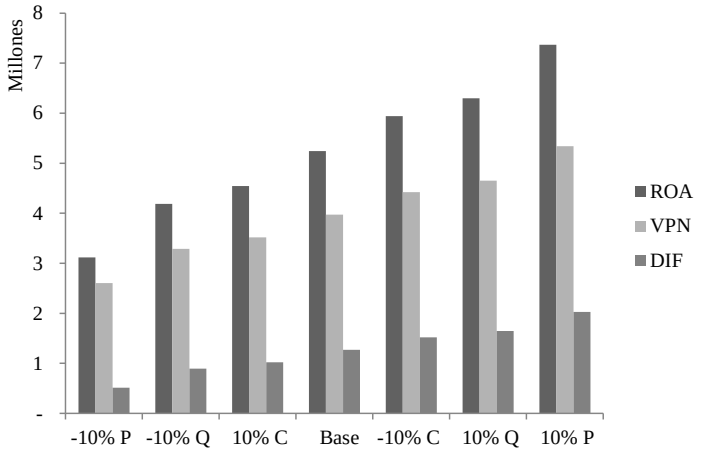
Tabla 8. Árbol de decisión

2012	2013	2014	2015	2016	2017
					EXPA
				EXPA	
			EXPA		EXPA
		EXPA		EXPA	
	EXPA		EXPA		EXPA
GO		EXPA		EXPA	
	EXPA		EXPA		GO
		EXPA		GO	
			GO		SALE
				GO	
					SALE

GO = Continuar el proyecto sin llevar a cabo la expansión
EXPA = Llevar a cabo la expansión en ese año
SALE = Vender el equipo y cerrar la unidad de manufactura

El árbol de decisión muestra que en la mayoría de los escenarios el proyecto es rentable y en muchos conviene llevar a cabo la expansión. A continuación se presentan la sensibilidad del VPN y el ROA a las variables clave del proyecto.

Gráfica 6. Análisis de Sensibilidad



Analizando la gráfica anterior y las tablas del análisis de sensibilidad en el Anexo 3, se aprecia que conforme se incrementan los precios, las unidades vendidas o se reducen los costos, el ROA se vuelve aún mayor que el VPN debido a que las opciones elevan su valor en términos brutos y porcentuales, mientras que en los casos contrarios el ROA y el VPN tienden a acercarse y el valor de las opciones se reduce. Esto se debe a que en todos los casos el ROA es más sensible que el VPN a las variables de riesgo.

7. Conclusión

La evaluación de la expansión de la entrada de Dpubli como manufacturera al mercado de rígidos mediante el análisis de opciones reales evidencia que el proyecto es más atractivo de lo que indica el VPN. El análisis de sensibilidad indica que si se incrementan los precios, las ventas o se reducen los costos, el valor de las opciones se hace mayor como porcentaje del ROA, mientras que en los casos contrarios disminuye. Esto refleja que en los escenarios positivos se puede tomar mayor ventaja de las opciones. En suma, gracias al análisis de opciones reales se fortalece la conclusión de que el proyecto es rentable.

Anexo 1. Árbol de trayectorias de Valor Presente Neto de la empresa en el caso base ($ miles)

2012	2013	2014	2015	2016	2017
					4,036
					3,336
				4,352	
				3,598	
			4,676		3,207
			3,879		2,651
		5,009		3,458	
		4,168		2,858	
	5,078		3,716		2,548
	4,465		3,082		2,106
$4,803		3,980		2,747	
$4,526		3,312		2,271	
	4,035		2,952		2,024
	3,548		2,449		1,673
		3,162		2,183	
		2,631		1,804	
			2,346		1,608
			1,946		1,330
				1,734	
				1,434	
					1,278
					1,056

Anexo 2. Árbol binomial con valor de la empresa en cada punto en el caso base ($ miles)

2012	2013	2014	2015	2016	2017
					5,100
					4,401
				5,599	
				4,845	
			6,121		3,791
			5,324		3,235
		6,656		4,188	
		5,815		3,588	
	6,933		4,602		2,751
	6,320		3,969		2,310
$6,341		5,028		3,066	
$6,065		4,359		2,590	
	5,247		3,395		2,024
	4,760		2,892		1,673
		3,733		2,258	
		3,203		1,879	
			2,513		1,779
			2,113		1,500
				2,022	
				1,721	
					1,722
					1,500

Anexo 3. Sensibilidades del VPN y el ROA ($ miles)

Demanda	VPN	Δ%	ROA	Δ%	DIF	% del ROA
(10.00%)	$3,290	(17.1%)	$4,186	(20.1%)	896	21.4%
0.00%	3,970		5,242		1,272	24.3%
10.00%	4,651	17.1%	6,298	20.1%	1,647	26.2%

Precio unitario	VPN	Δ%	ROA	Δ%	DIF	% del ROA
(10.00%)	$2,602	(34.5%)	$3,117	(40.5%)	515	16.5%
0.00%	3,970		5,242		1,272	24.3%
10.00%	5,338	34.5%	7,367	40.5%	2,028	27.5%

Costos de insumos	VPN	Δ%	ROA	Δ%	DIF	% del ROA
(10.00%)	$4,421	11.3%	$5,942	13.4%	1,521	25.6%
0.00%	3,970		5,242		1,272	24.3%
10.00%	3,520	(11.3%)	4,542	(13.4%)	1,022	22.5%

8. Bibliografía

Blank, Tarquin, *Engineering Economy*, sexta edición, McGrawHill, International Edition, 2008.

Copeland, Tom y Antikarov, Vladimir, *Real Options: A Practitioner's Guide*, Thomson, 2003, pp. 301-317.

Esty, Benjamin C.; Millett, Mathew Mateo, "Petrolera Zuata", *Harvard Business School*, 1998.

Google Inc., *Marketing and Advertising Using Google, Targeting Your Advertising to the Right Audience*, 2007, Google Inc.

Ghose, Anindya; Yang, Sha, "An Empirical Analysis of Search Engine Advertising: Sponsored Search in Electronic Markets", *Management Science*, Vol. 55, No. 10, October 2009.

Johnson, Mark W., S*eizing the White Space: Business Model Innovation for Growth and Renewal*, Harvard Business Press, 2010.

Kotler, Philip, *Marketing Management*, Prentice Hall, 2000.

Lee, Hau; Hoyt, David W. "Cemex: Transforming a Basic Industry Company", *Harvard Business School*, 2005.

Porter, Michael E., *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors*, New York, Free Press, 1980.

Porter, Michael E., *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*, New York, Free Press, 1985.

Ross, Stephen; Westerfield, Randolph; Jordan, Bradford, *Fundamentals of Corporate Finance*, 8va edición, McGraw Hill, 2008.