



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

“VALUACIÓN DE TINTAS DE NANO PARTICULAS DE BASE COBRE PARA PANELES FOTOVOLTAICOS”

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
INDUSTRIAL**

GUILLERMO CARVAJAL GUZMÁN

SANTIAGO DE CHILE

MARZO 2012



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

“VALUACIÓN DE TINTAS DE NANO PARTÍCULAS DE BASE COBRE PARA PANELES FOTOVOLTAICOS”

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
INDUSTRIAL**

GUILLERMO CARVAJAL GUZMÁN

PROFESOR GUÍA:

LUIS ZAVIEZO SCHWARTZMAN

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

JUAN PABLO ZANLUNGO MATSUHIRO

ERIKA GUERRA ESCOBAR

SANTIAGO DE CHILE

MARZO 2012

Resumen Ejecutivo

El presente trabajo de título tuvo como objetivo principal realizar una valuación de la nueva tecnología de Tintas de Nano Partículas de Base Cobre para Paneles Fotovoltaicos que está siendo desarrollada por el Centro para el Desarrollo de la Nano-ciencia y la Nanotecnología (CEDENNA).

Este proyecto se enmarcó en un contexto en el cual se busca ser menos dependiente de combustibles fósiles y más dependiente de las fuentes de energías renovables, no sólo por la disminución de los niveles de combustibles fósiles, si no como una forma de reducir la contaminación causada por éstos.

En la actualidad el desarrollo del conocimiento y la tecnología es clave para cualquier país. Sin embargo, no siempre los Centros de Investigación tienen claro cómo llegar a un valor justo de la tecnología, lo cual no les permite afrontar la negociación con todas las herramientas necesarias. Así, este trabajo buscó ser un aporte al proyecto, entregando al CEDENNA un valor referencial para su nueva tecnología, determinando los potenciales beneficios económicos de la tecnología, y cuantificando y explicando como las distintas variables afectan en los resultados finales. Para realizar la valuación se hizo uso de los métodos de mercado, tasa de *royalty*, Valor Actual Neto (VAN) y Montecarlo. Estos métodos fueron seleccionados considerando el contexto y etapa de desarrollo en que se encuentra la tecnología.

La recomendación de precio a cobrar es un pago inicial de 80 millones de pesos y una tasa de *royalty* de 3.5% sobre las ventas. Así, se estimó que el VAN del proyecto es de 3,081 millones de pesos para el Centro de Investigación y de 31,194 millones de pesos para la empresa privada.

Adicionalmente, se analizaron distintas variables cualitativas (como la protección, la transferencia tecnológica, las redes de apoyo y la negociación) y cuantitativas (como las ventas, los costos y la inversión). Del análisis se pudo desprender que las variables cualitativas están estructuradas de manera correcta y que permiten confiar en un adecuado funcionamiento que facilite el desarrollo de la tecnología. Dentro de las variables cuantitativas, las de financiamiento, tipo de cambio y tasa de descuento si bien tiene efectos en el valor, no hacen que el proyecto deje de ser atractivo. Sin embargo, las variables de ventas, precio, costos y retraso tienen un efecto mayor en el VAN, pudiendo provocar incluso generar pérdidas cuantiosas (y en una situación en que estas variables son todas negativas, las pérdidas para el privado pueden ser, en promedio, mayor a los 3,000 millones de pesos). Además, de no lograr que la tecnología llegue al mercado, por situaciones tecnológicas, de desarrollo o mercado, las pérdidas para el centro de investigación superan levemente los 300 millones de pesos, que es una cifra bastante menor en comparación a los posibles beneficios.

El presente trabajo realizado servirá como base para el desarrollo de una futura metodología de valuación de nuevas tecnologías para el CEDENNA. Adicionalmente, se recomienda para un futuro trabajo el levantamiento de información de pagos, *royalty* y variables en Chile, además del estudio de su comportamiento, distribución y análisis de las probabilidades.

Agradecimientos

Este trabajo está dedicado a mis padres, que me han apoyado incondicionalmente en todo mi proceso de formación. Este logro es en gran medida consecuencia de toda la dedicación y comprensión que han tenido conmigo.

A mis hermanos y familia, que con su preocupación, ayuda y acompañamiento han sido fundamentales para terminar mi carrera.

A mis amigos, que de forma directa o indirecta me han ayudado con este trabajo y me han acompañado en todo momento.

A Edgardo Santibáñez, por ofrecerme la oportunidad de participar a un tema novedoso y que es de gran ayuda para el desarrollo de las energías renovables.

A mis profesores guía y co-guía, por sus consejos y orientación en todo el proceso de desarrollo de tesis.

Además, quisiera agradecer a las personas que me dieron su apoyo en el CEDENNA, especialmente a Pablo Sepúlveda, cuyo tiempo y disposición fueron de gran ayuda en el desarrollo de este trabajo.

A todos ustedes, muchas gracias.

Índice

Resumen Ejecutivo	I
Agradecimientos.....	II
Índice.....	1
Índice de Imágenes	5
Índice de Gráficos	6
Índice de Tablas	8
Siglas	11
1. Introducción	12
1.1 Objetivo General	13
1.2 Objetivos Específicos.....	13
1.3 Alcances	13
2. Justificación	14
3. Descripción del Caso.....	17
3.1 Descripción del Proyecto	17
3.2 Descripción del Problema Tecnológico	18
3.3 Actores Involucrados y Cadena de Valor	20
3.4 Descripción de la Institución.....	22
3.5 La Empresa PV NanoCell	29
4. Antecedentes	30
4.1 Energía	30
4.1.1 Energía Renovables	32
4.1.2 Energía Solar.....	33
4.2 La Nanotecnología	35
4.3 Descripción del Proceso de Desarrollo e Implementación de Nuevas Tecnologías	36
4.4 State of the Art de la tecnología.....	42
4.4.1 Impresión por Tintas de Inyección Basadas en Nano-partículas de Plata (Un Proceso Alternativo a las Celdas Solares de Silicio)	42

4.4.2	Reemplazo de Nano-plata por Nano-cobre	45
4.4.3	Estado del Arte de la Teoría	47
4.5	Características del Mercado para el Proyecto	49
5.	Marco Conceptual	54
5.1	La Tecnología y los Centros de Innovación	54
5.2	Métodos Actuales: Ventajas y Desventajas	57
5.2.1	Enfoque de Costo:	57
5.2.2	Enfoque de Ingresos:.....	58
5.2.3	Enfoque de Mercado:.....	58
5.2.4	Enfoque de Tasa de Royalty:.....	59
5.2.5	Enfoque de Exceso de Valor de Ingresos/Residual:	59
5.2.6	Enfoque de Montecarlo:.....	59
5.2.7	Enfoque de Opciones Reales:	60
5.2.8	Métodos Seleccionados.....	62
6.	Metodología de Valuación	65
7.	Aplicación y Resultados	68
7.1	La Tecnología	68
7.2	Variables No Medibles	69
7.2.1	Protección.....	69
7.2.2	Transferencia.....	72
7.2.3	Redes de Apoyo	74
7.2.4	Investigador	75
7.2.5	Negociación	79
7.3	Ciclo de Vida del Proyecto	79
7.4	Tasa de Adopción	80
7.5	Datos.....	82
7.5.1	Financiamiento	82

7.5.2 Inversión Inicial	82
7.5.3 Otros	83
7.5.4 Mercado	84
7.5.5 Depreciación	84
7.5.6 Capital de Trabajo	85
7.5.7 Ingresos Privados	85
7.5.8 Ingresos Centro de Investigación	86
7.5.9 Salidas Privadas	86
7.5.10 Salidas Centro de Investigación	87
7.6 Flujo de Caja Privado	88
7.7 Flujo de Caja Centro de Investigación	90
7.8 Flujo de Caja Privado Sin Proyecto.....	91
7.9 Precio a Cobrar	93
7.10 Montecarlo	95
7.10.1 Desarrollo	95
7.10.2 Resultados Situación Pesimista.....	99
7.10.3 Resultados Situación Base Negativa	100
7.10.4 Resultados Situación Base	101
7.10.5 Resultados Situación Base Positiva.....	102
7.10.6 Resultados Situación Optimista	103
7.10.7 Comparación de Situaciones	104
7.11 Estudio de Variables	106
7.11.1 Variables Críticas.....	106
7.11.2 Tiempo de Desarrollo.....	107
7.11.3 Pérdidas si no se Desarrolla Tecnología	108
7.11.4 Situación sin Financiamiento	108

7.11.5 Situación si el Mercado no es el Esperado	109
7.11.6 Situación Frente a Distintos Precios	112
7.11.7 Situación si Beneficios son Menores a los Esperados.....	114
7.11.8 Situación si Costos no son los Esperados	117
7.11.9 Situación si Tipo de Cambio no es el Esperado	121
7.11.10 Variación del Van Privado con Distintas Tasas de Descuento	123
7.12 Análisis de Resultados	124
8. Síntesis del Trabajo.....	127
9. Conclusiones y Recomendaciones	131
10. Bibliografía	134
11. Anexos	138
11.1 Anexo 1: Características del Programa de Financiamiento Basal para Centros Científicos y Tecnológicos de Excelencia (PFB)	138
11.2 Anexo 2: Resultados del Comité Consultivo del Precio de Referencia del Cobre	139
11.3 Anexo 3: Precio a Largo Plazo de la Plata	140
11.4 Anexo 4: Curva de Moore de Adopción de Tecnología	141
11.5 Anexo 5: Detalle Variación VAN Privado v/s Tasa de Descuento	143
11.6 Anexo 6: Encuesta Mensual de Expectativas Económicas	144

Índice de Imágenes

<i>Imagen 1: Entradas y salidas de información.....</i>	<i>15</i>
<i>Imagen 2: Problema – causa – oportunidad del proyecto</i>	<i>20</i>
<i>Imagen 3: Cadena de valor para el proyecto</i>	<i>21</i>
<i>Imagen 4: Organigrama CEDENNA</i>	<i>24</i>
<i>Imagen 5: Radiación global.....</i>	<i>34</i>
<i>Imagen 6: Proceso introducción de la tecnología.....</i>	<i>40</i>
<i>Imagen 7: Marco para investigar tecnologías disruptivas.....</i>	<i>41</i>
<i>Imagen 8: Modelo alterado de Black - Scholes</i>	<i>62</i>
<i>Imagen 9: Determinando el método de valuación</i>	<i>64</i>
<i>Imagen 10: Preguntas relevantes para una valuación de una nueva tecnología</i>	<i>66</i>
<i>Imagen 11: Grupo de investigación.....</i>	<i>76</i>
<i>Imagen 12: Horizonte de valuación del proyecto.....</i>	<i>80</i>
<i>Imagen 13: Probabilidad acumulada para ventas</i>	<i>96</i>

Índice de Gráficos

Gráfico 1: Publicaciones ISI CEDENNA.....	25
Gráfico 2: Tesis CEDENNA.....	26
Gráfico 3: Consumo de energía mundial por región, 1990 – 2035 (cuatrillón Btu).....	31
Gráfico 4: Energía primaria usada como combustible, 1980 – 2035 (cuatrillón Btu).....	31
Gráfico 5: Generación por fuente de energía eléctrica renovable no-hídrica, 2009 – 2035 (billones de kilowatt-hora).....	32
Gráfico 6: Emisiones de CO ₂ por tipo de energía (kg. de carbón equivalente / TEP)	33
Gráfico 7: Crecimiento del mercado de paneles fotovoltaicos 2007-2012.....	50
Gráfico 8: Evolución del mercado de generación de energía solar, 2007-2012 (izquierda – ingresos industria solar, centro – precios módulos solares; derecha – instalación solar global)	50
Gráfico 9: Participaciones de mercado de paneles cristalinos de silicio a nivel mundial	51
Gráfico 10: Consumo de tintas anual	52
Gráfico 11: Gasto en I+D (como % del PIB en 2007, excepto cuando se indica).....	55
Gráfico 12: Tasa Innovación (% de empresas que realizan algún tipo de innovación sobre el total de empresas).....	55
Gráfico 13: Cooperación para innovar (% de las empresas que innova y que copera, lo hace con...).....	56
Gráfico 14: Curva de adopción para tintas con nano-partículas base cobre	81
Gráfico 15: Flujo operacional privado por año.....	89
Gráfico 16: Flujo de caja neto por año de centro de investigación	91
Gráfico 17: Distribución de resultados Montecarlo (situación pesimista)	100
Gráfico 18: Distribución de resultados Montecarlo (situación base negativa)	101
Gráfico 19: Distribución de resultados Montecarlo (situación base).....	102
Gráfico 20: Distribución de resultados Montecarlo (situación base positiva).....	103
Gráfico 21: Distribución resultados Montecarlo (situación optimista)	104
Gráfico 22: Promedio e intervalos de confianza para las distintas situaciones	105
Gráfico 23: Promedio e intervalo de confianza para distintas situaciones de mercado	111
Gráfico 24: Promedio e intervalo de confianza para distintas situaciones de precio	113

<i>Gráfico 25: Promedio e intervalo de confianza para distintas situaciones de ingresos (variables mercado y precio)</i>	<i>116</i>
<i>Gráfico 26: Promedio e intervalo de confianza para distintas situaciones de costos de producción e insumos</i>	<i>118</i>
<i>Gráfico 27: Promedio e intervalo de confianza para distintas situaciones de otros costos</i>	<i>119</i>
<i>Gráfico 28: Promedio e intervalo de confianza para distintas situaciones de costos (variables producción e insumos y otros)</i>	<i>121</i>
<i>Gráfico 29: Promedio e intervalo de confianza para distintas situaciones de tipo de cambio.....</i>	<i>122</i>
<i>Gráfico 30: Variación VAN privado v/s tasa de descuento</i>	<i>124</i>

Índice de Tablas

<i>Tabla 1: Líneas de investigación del CEDENNA</i>	22
<i>Tabla 2: Patentes solicitadas por el CEDENNA</i>	26
<i>Tabla 3: Resumen de fondos obtenidos por el CEDENNA en el año 2011</i>	28
<i>Tabla 4: Componentes del paquete tecnológico</i>	39
<i>Tabla 5: Resumen de trabajos previos en tintas conductoras de nano-partículas metálicas</i>	44
<i>Tabla 6: Trabajos sobre síntesis de nano-partículas de cobre</i>	46
<i>Tabla 7: Productores de paneles solares</i>	53
<i>Tabla 8: Ventas y desventajas de los métodos estudiados</i>	63
<i>Tabla 9: Expertos en transferencia tecnológica</i>	74
<i>Tabla 10: Grupo de investigación y sus funciones</i>	77
<i>Tabla 11: Experiencia Investigadores principales y directores</i>	78
<i>Tabla 12: Porcentaje del mercado de tintas en base plata que se remplazan con tintas de base cobre</i>	81
<i>Tabla 13: Financiamiento necesario</i>	82
<i>Tabla 14: Inversión privada</i>	82
<i>Tabla 15: Otros datos necesarios para el flujo de caja</i>	83
<i>Tabla 16: Mercado proyectado</i>	84
<i>Tabla 17: Depreciación fábrica</i>	84
<i>Tabla 18: Capital de trabajo privado</i>	85
<i>Tabla 19: Capital de trabajo centro de investigación</i>	85
<i>Tabla 20: Precio</i>	85
<i>Tabla 21: Ingresos por ventas</i>	86
<i>Tabla 22: Ingresos centro de investigación</i>	86
<i>Tabla 23: Costos fijos privados</i>	86
<i>Tabla 24: Costos variables privados</i>	87
<i>Tabla 25: GAV privados</i>	87
<i>Tabla 26: GAV centro de investigación</i>	87
<i>Tabla 27: Costos fijos centro de investigación</i>	87
<i>Tabla 28: Flujo de caja privado</i>	88

<i>Tabla 29: VAN y TIR privado.....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 30: Flujo de caja centro de investigación.....</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 31: VAN y TIR centro de investigación.....</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 32: Flujo de caja privado sin proyecto.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 33: VAN privado sin proyecto.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 34: VAN para distintos pagos iniciales.....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 35: VAN de primeros dos años para el centro de investigación para distintos pagos iniciales.....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 36: Datos de rango de tasas de royalty cobradas por industria.....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 37: VAN para distintas tasas de royalty.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabla 38: Probabilidad y datos para distintos casos de unidades vendidas.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 39: Probabilidad y datos para situación pesimista de unidades vendidas.....</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 40: Probabilidades de las variables aleatorias para distintas situaciones.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 41: Promedio, mínimo y máximo situación pesimista.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 42: Promedio, mínimo y máximo situación base negativa.....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 43: Promedio, mínimo y máximo situación base.....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 44; Promedio, mínimo y máximo situación base positiva.....</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 45: Promedio, mínimo y máximo situación optimista.....</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 46: Promedio e intervalo de confianza para las distintas situaciones.....</i>	<i>104</i>
<i>Tabla 47: Variables a estudiar.....</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 48: Variaciones del VAN y TIR frente atrasos en el proyecto.....</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 49: VAN centro de investigación si no se desarrolla tecnología.....</i>	<i>108</i>
<i>Tabla 50: VAN centro de investigación para distintos casos de financiamiento.....</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 51: Probabilidad de la variable de mercado para distintas situaciones.....</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 52: Promedio e intervalo de confianza para distintas situaciones de mercado ..</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 53: Promedio e intervalo de confianza para distintas situaciones de precio.....</i>	<i>112</i>
<i>Tabla 54: Probabilidad de las situaciones para las variables mercado y precio.....</i>	<i>115</i>
<i>Tabla 55: Promedio e intervalo de confianza para distintas situaciones de ingresos (variables mercado y precio).....</i>	<i>116</i>
<i>Tabla 56: Promedio e intervalo de confianza para distintas situaciones de costos de producción e insumos.....</i>	<i>117</i>

<i>Tabla 57: Promedio e intervalo de confianza para distintas situaciones de otros costos</i>	119
<i>Tabla 58: Promedio e intervalo de confianza para distintas situaciones de costos (variables producción e insumos y otros)</i>	120
<i>Tabla 59: Promedio e intervalo de confianza para distintas situaciones de tipo de cambio</i>	122
<i>Tabla 60: VAN para distintos tipos de cambio</i>	123

Siglas

A continuación se detallan las siglas que serán utilizadas en el informe:

Ag: Plata

CEDENNA: Centro para el Desarrollo de la Nano-ciencia y la Nano-tecnología.

CI: Centro de Investigación.

CNIC: Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad.

CONICYT: Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica.

CORFO: Corporación de Fomento de la Producción.

Cu: Cobre

ERNC: Energía Renovables No Convencionales.

FONDECYT: Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico.

FONDEF: Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico.

ISI: *Institute for Scientific Information.*

I+D: Investigación y Desarrollo.

KW: Kilo-Watts.

N&N: Nano-ciencia y Nano-tecnología.

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

PI: Propiedad Intelectual.

R&D: *Research and Development.*

SDT: Sociedad de Desarrollo Tecnológico.

Si: Silicio

TIR: Tasa Interna de Retorno.

TPE: Tonelada equivalente de petróleo

VAN: Valor Actual Neto

1. Introducción

En el presente estudio se valúa una nueva tecnología que está siendo desarrollada por el Centro para el Desarrollo de la Nano-ciencia y la Nano-tecnología (CEDENNA): tintas de nano-partículas de base cobre para paneles fotovoltaicos (en remplazo de la plata).

Esta tecnología, se encuentra en etapa de investigación y desarrollo, por lo que existe incertidumbre en este proyecto, sin embargo, desarrollarlo presenta una importante oportunidad de reducción de costos. Actualmente la relación entre el cobre y la plata es mayor a 1:100, la cual se debería mantener en el largo plazo.

En una primera parte se procederá a justificar el proyecto, dando a entender el por qué el realizar éste trabajo es necesario.

A continuación, se describirá el caso a valorar, entregándose información del proyecto que será desarrollado por el CEDENNA, estableciendo cual es el problema tecnológico que se presenta, presentando a los actores involucrados en el proyecto y dando a conocer las características tanto del centro de investigación como de la empresa privada que apoya el proyecto.

En el capítulo siguiente se entregarán antecedentes que permitirán entender mejor el desarrollo del trabajo. En esta parte se describirán cómo se encuentra la situación actual de las energías (con especial énfasis en las energías renovables y específicamente la solar) y la nano-tecnología. Además, se describe el proceso de desarrollo e implementación de nuevas tecnologías, lo que permitirá entender cuáles son los pasos y complejidades que se presentan al relacionarse los centros de investigación con las empresas privadas. También se entrega un *state of the art* de la tecnología, con el fin de entender en qué etapa de desarrollo se encuentra y conocer los trabajos previos a ésta. Por último, se describe el mercado potencial para el proyecto, datos que servirán para posteriormente realizar la valuación.

Posteriormente, se realizará el marco conceptual, que permitirá contextualizar cómo las tecnologías han sido desarrolladas por los centros de investigación en Chile y cómo se encuentra el país en relación a otros. Luego, se procederá a mencionar los métodos de valuación existentes, se analizarán uno por uno, detectando ventajas y desventajas, para finalmente seleccionar aquellos que serán utilizados en la valuación.

Antes de entregar los resultados de la valuación, se describirá la metodología que será ocupada para realizar ésta, estableciéndose que preguntas deben ser formuladas y respondidas para que la valuación sea llevada a cabo de forma correcta.

Luego, se entregarán los resultados de la valuación. En esta parte se detectan variables cualitativas y cuantitativas. Obviamente, las formas de abordar estas variables son diferentes. Para las primeras se realizará un análisis de estas con el fin de entender si cumplen con la estructura que solvente el proyecto. Para las segundas, se entregarán los datos utilizados, se hará una recomendación del precio a cobrar y se entregará un valor referencial para la tecnología. Adicionalmente, se realizará un análisis de Montecarlo que permitirá entender los distintos escenarios que se pueden presentar. Además, se hará un estudio de las variables de tiempo de desarrollo, financiamiento, mercado, precio, costos, tipo de cambio y tasa de descuento.

En la parte final se procederá a entregar una síntesis del trabajo, que pretende resumir todo el trabajo realizado y los resultados obtenidos. Finalmente, se mencionarán las principales conclusiones que se extraen del trabajo y se entregarán recomendaciones para futuros trabajos.

1.1 Objetivo General

Realizar una valuación de la nueva tecnología de Tintas de Nano Partículas de Base Cobre para Paneles Fotovoltaicos.

1.2 Objetivos Específicos

- I. Entregar al CEDENNA un valor referencial para su nueva tecnología.
- II. Determinar los potenciales beneficios económicos de la tecnología.
- III. Cuantificar y explicar como las distintas variables afectan en los resultados finales.
- IV. Establecer una base para el futuro desarrollo de una metodología de valuación para el CEDENNA.

1.3 Alcances

En esta tesis se entrega una valuación para la nueva tecnología del CEDENNA. Para ello, se utilizarán los métodos de valuación existentes, seleccionando los más adecuados dentro del contexto en que se encuentra la nueva tecnología.

Este proyecto considera al menos tres beneficios adicionales no cuantificados a nivel económico-social: (1) Beneficios por nuevos usos de alto valor agregado del cobre

chileno; (2) Beneficios por importación de paneles fotovoltaicos de menor costo; y (3) Beneficio ambiental. A continuación, se explica cada uno de estos beneficios:

El primer beneficio no cuantificado corresponde a los nuevos usos del cobre debido a su aplicación de tintas mediante nano-tecnologías, que implicarían el uso de cobre fino, permitiendo entregar mayor sustentación al cobre como principal producto de exportación del país (Chile).

El segundo beneficio social corresponde a la importación de paneles de menor costo como resultado de la adopción de la tecnología *ink-jet* en el mundo, lo que permitirá una adopción más rápida de la tecnología de generación.

Finalmente, no se considera el beneficio ambiental producido por el aumento en el uso de paneles fotovoltaicos, que favorece el uso de una tecnología limpia y de menor costo, lo que impulsaría a mayores empresas a utilizar la energía solar como fuente energética. La diversificación de la matriz energética hacia energías más limpias genera un importante beneficio social. El proyecto debiera tener un impacto ambiental positivo ya que contempla el remplazo por generación fotovoltaica, de fuentes de energía no renovables como son el petróleo, la combustión de carbón y el gas que tienen efectos negativos tales como: la contaminación creciente (emisiones de CO₂ y otros), el aumento de los gases efecto invernadero y la perforación de la capa de ozono.

2. Justificación

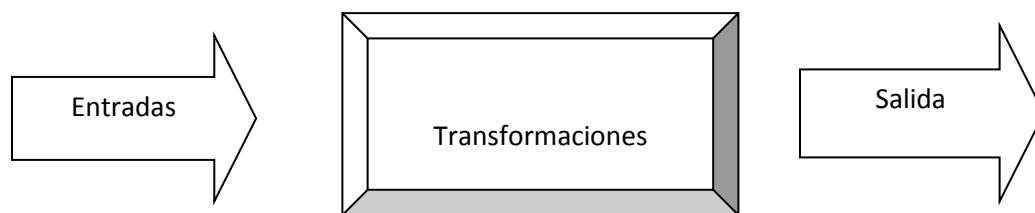
Muchos centros de Investigación cuentan con tecnologías, pero no tienen claro como establecer el precio de ésta ni como transferirla. En general a la hora de evaluar y usar los métodos de valuación actuales, los centros de investigación presentan las siguientes dificultades:

- Dificultad en estimar el flujo de caja futuro, siendo mucho de los *inputs* complicados de obtener.
- Para un producto revolucionario y nuevo, el uso directo de datos de mercado es inviable.
- Valuar la propiedad intelectual no formal: el “*know-how*”, experiencia, la experticia que reside en la compañía y empleados, y lo que no puede ser protegido por patentes o marca.
- Carencia de un método universal. El método elegido depende del tipo de tecnología y de quien él es comprador y vendedor de la tecnología.

Todo esto deriva en la dificultad de encontrar un valor que ambas partes (centro de investigación y comprador del paquete tecnológico) encuentren justo. Es por esto, que se hace necesario realizar una valuación para el centro de investigación, que le permita negociar desde una posición más convincente. El no tener estas herramientas puede llevar en la actualidad a que muchos centros de investigación no sepan si el precio que cobraron es el justo, lo cual significa pérdidas de ganancias potenciales en el futuro. “La evaluación del valor de la tecnología puede ser vista como un problema no estructurado. Como ningún reglamento o procedimiento para la valoración de la tecnología existe, la sentencia del tomador de decisiones se vuelve absolutamente influyente.” (Baek, Sul, Hong, & Kim, 2007).

Lo que se busca es hacerse cargo de las transformaciones entre las entradas de información (clientes, mercado, estadísticas, métodos existentes) y la salida (tecnología con su precio). Estas transformaciones requieren definir qué métodos deben ser ocupados y qué información es requerida. La valuación de tecnologías se efectúa ya sea con capacidades internas de la organización, contratadas externamente a entidades o personas especializadas, o ambas; en cualquier caso, la institución que requiera la valuación, deberá al menos disponer de capacidades de contraparte que le permitan comprender qué y cómo se valuó.

Imagen 1: Entradas y salidas de información



En la experiencia de empresas e instituciones de I+D norteamericanas y de los países más avanzados de Europa, éste es un tema que ha sido abordado, para el cual existen metodologías y buenas prácticas que son susceptibles de ser usadas en este trabajo. En este sentido, es que se quiere entregar al CEDENNA una valuación de una nueva tecnología que están desarrollando: Tintas de nano-partículas de base cobre para paneles fotovoltaicos. El cooperar con este proyecto a que salga adelante se hace esencial en las condiciones actuales en que se encuentra el mundo, “con los niveles de combustibles fósiles cada vez menor, tenemos que actuar ahora para ser menos dependientes de combustibles fósiles y más dependiente de fuentes de energía renovables. La disminución de los niveles de combustibles fósiles no es la única razón por la que debemos comenzar a utilizar la energía renovable. La contaminación causada por la quema de combustibles fósiles se ha convertido en un gran problema en muchos países alrededor del mundo, especialmente en el mundo en desarrollo.” (Global Energy Network Institute, 2009). “La instalación de un panel solar o una turbina de

viento para aumentar la fuente de energía de cada casa sería un paso adelante increíble.” (Global Energy Network Institute, 2009).

Frente a lo expuesto, llevar a cabo la valuación de la nueva tecnología es primordial, “la identificación de la oportunidad es sólo una condición necesaria pero no suficiente para su explotación real.” (Katila & Mang, 2003) Así, es necesario llevar a cabo una proyección correcta y ajustada a la realidad, “no tiene sentido la promesa de lograr 100 millones en tres años o de conseguir el crecimiento más rápido de la historia. Por el contrario, se debe ser realista y reconocer que la proyección no será completamente fidedigna hasta que el producto salga a la venta y se compruebe entonces su adaptación o su rechazo.” (Kawasaki, 2004). Más aún, en el ambiente de incertidumbre en que se encuentra inmerso una nueva tecnología, se hace imprescindible tener un entendimiento de todas las variables y cómo éstas afectan en todo el proceso; “La mayoría de las nuevas empresas fracasan debido a que el modelo de negocio no funciona: Muy poco dinero que entra y exceso de dinero en efectivo que sale. En las palabras de un inversor ángel: He ganado más dinero en el plan B de lo que jamás he obtenido por mantenerse apegado al Plan A “ (Mullins, 2009). Basado en esto, se hace esencial realizar una valuación completa de esta nueva tecnología, incorporando métodos que permitan incorporar la incertidumbre y posibles variaciones que se vayan presentando.

Sin duda, que cooperar en este proyecto representa una oportunidad, más aún si se consideran opiniones optimistas como las dichas por el investigador de Stanford Mark Jacobson, que dice que el mundo puede ser alimentado por energía renovable en 20-40 años, utilizando la tecnología disponible en este momento, “Basándonos en nuestros hallazgos, no existen barreras tecnológicas o económicas a la conversión de todo el mundo a las fuentes de energía limpias y renovables” (Jacobson, 2011).

3. Descripción del Caso

3.1 Descripción del Proyecto¹

Uno de los aspectos críticos en la masificación de la generación fotovoltaica de electricidad ha sido lograr costos cada vez más competitivos con respecto a otras formas de generación. Una tecnología emergente y disruptiva es la impresión *ink-jet* de tintas basadas en materiales nano-métricos que permite lograr una disminución de costos significativa por ahorros de materia prima, menores pérdidas y mayor eficiencia en el proceso de manufactura de celdas de solares. Sin embargo, reducciones adicionales y sustanciales de costos pueden lograrse en este proceso, reemplazando las nano-partículas metálicas de plata por nano-partículas de cobre. El proyecto propone el desarrollo de procesos para la fabricación de tintas de nano-partículas base cobre con aplicación en la impresión de celdas solares y circuitos electrónicos.

Resulta clave para el mejoramiento de celdas fotovoltaicas el desarrollo de materiales de bajo costo y metodologías eficientes. La impresión de tinta es una de las mejores alternativas para estos fines pues permite la manufactura en masa y la producción en línea de celdas y módulos. Ofrece también la ventaja de baja capitalización y muy alta eficiencia del material y eliminación de la fotolitografía, que es un proceso sin contacto (adecuado para el procesamiento de *wafers* frágiles) y puede ser amigable con el medio ambiente al no dejar residuos. La impresión a tinta permite también una mejor resolución de las líneas, y mejora la razón de aspecto de las líneas de conducción de la grilla, lo que llevaría a un mejor desempeño de las celdas solares.

Diversos grupos académicos e industriales trabajan en el desarrollo de estas tintas, usando diferentes enfoques. Entre éstos, las nano-partículas metálicas en suspensión han captado gran interés en los últimos años debido a que pueden ser operadas a temperatura ambiente y tienen un mejor rendimiento en términos de conductividad. Hasta hoy la mayor parte de los esfuerzos se ha orientado al desarrollo de tintas de inyección conductoras basadas en nano-plata, debido a que la plata es un metal buen conductor y estable. Sin embargo, es un metal relativamente caro. Un camino natural es reemplazar la nano-plata por nano-cobre, pues el cobre es mucho más barato, la relación es de 1:100, relación que se mantendría en el largo plazo (para ver detalle del precio y proyección del cobre y la plata ver Anexo 1 y Anexo 2 respectivamente), y posee una muy alta conductividad (sólo 6% menos que la de la plata). De esta forma, en años recientes, la síntesis de nano-partículas de cobre ha cobrado gran interés tanto desde un punto de vista científico como industrial. Sin

¹ Extraído del formulario de presentación para el FONDEF del proyecto.

embargo, y desde el punto de vista de las aplicaciones en tintas, la presencia de óxidos de cobre en la superficie de las nano-partículas tiene dos consecuencias negativas: ella incrementa la temperatura de sinterización requerida y reduce la conductividad eléctrica. Sólo un número limitado de trabajos han considerado el problema de la oxidación, los cuales en general están basados en minimizar la exposición de nano-partículas de cobre al oxígeno mediante el recubrimiento de la partícula con una capa protectora de un segundo material.

En el proyecto tecnológico, planteado en el marco de las actividades del Centro para el Desarrollo de la Nano-ciencia y la Nano-tecnología, CEDENNA, a través de sus instituciones asociadas Universidad de Santiago y Universidad de Chile y con el apoyo de la empresa Israelí PV NanoCell Ltda, se propone abordar los dos problemas que conlleva este remplazo: la oxidación del cobre y la migración del cobre hacia el sustrato de silicio. Existe evidencia que lleva a pensar que mediante recubrimientos adecuados es posible inhibir la oxidación del cobre así como su difusión en silicio.

3.2 Descripción del Problema Tecnológico ²

El objetivo de este proyecto es generar el conocimiento necesario para poder utilizar nano-partículas base cobre en el desarrollo de tintas imprimibles para la fabricación de celdas fotovoltaicas. El problema científico tecnológico a abordar es el de la estabilidad química, oxidación y movilidad del cobre en silicio, así como el proceso para la fabricación de estas tintas que no ha sido desarrollado a la fecha.

Debido a su alta energía superficial, las partículas metálicas de tamaño nanométrico son intrínsecamente, termodinámica y cinéticamente inestables frente a componentes del medio. Por ello, la obtención de las mismas requiere la presencia de agentes pasivantes o estabilizadores.

El método más frecuentemente utilizado es la reducción de sales del metal en presencia de especies anfifílicas, por ejemplo surfactantes o polímeros, que forman micelas al interior de las cuales se produce la reacción. La selección del recubrimiento de la partícula es esencial entre otros porque (i) juega el papel de plantilla que determina el tamaño y forma de la nano-partícula; (ii) determina el grado de intercambio con el medio y así la estabilidad química de la nano-partícula; (iii) funcionaliza la partícula protegida para su posterior utilización.

La regulación del tamaño, forma y distribución de especies a menudo requiere cambiar el agente pasivante (A) utilizado en formación de la nano-partícula por otro que

² Extraído del formulario de presentación para el FONDEF del proyecto.

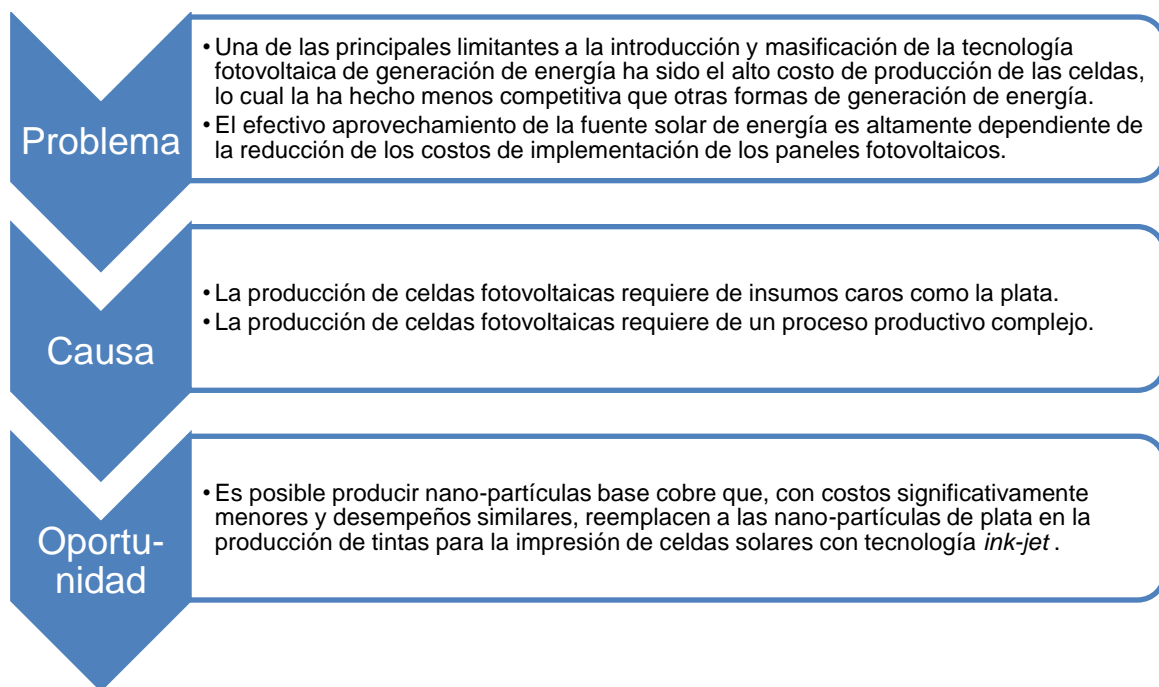
defina espacios adecuados al tamaño y forma requeridos. Ello se logra mediante la fusión de las partículas originales o semillas en ese espacio, la que puede ocurrir en condiciones de reacciones suaves gracias a que la alta energía superficial de las nano-partículas disminuye considerablemente la temperatura de fusión en la superficie de las mismas.

La protección de la nano-partícula frente a la oxidación en un medio químico dador de electrones, generalmente acuoso o húmedo, la debe brindar el agente pasivante o funcionalizante de la partícula. En este sentido, una esfera densa, en general hidrofóbica, que impida la conjunción de especies nucleofílica (dadores) y de oxígeno puede ser eficiente. Otra opción es utilizar un filtro químico, esto es, incorporar especies anfífilas reductoras a la capa pasivante, complementando la misma o reemplazándola parcial o totalmente. Las especies incorporadas deben reaccionar preferentemente con el oxígeno, o bien, reducir el óxido que se pueda haber formado en la superficie de la partícula.

Mediante la elección o funcionalización de la capa pasivante es posible incorporar grupos funcionales, o dotar de carga adecuada, a la partícula que origina interacciones específicas o electrostáticas con el medio para alcanzar la compatibilización requerida.

Por otra parte, para sustituir la plata por cobre uno de los problemas más serios que es necesario resolver es inhibir la difusión, bastante rápida, del cobre en el sustrato de silicio. Esta difusión trae como consecuencia la formación de siliciuros que degradan significativamente la eficiencia del dispositivo que capta la energía solar. Este tema ha sido estudiado, especialmente por el grupo de Bowler en Inglaterra (Rodríguez-Prieto & Bowler, 2009). En base a cálculos cuánticos de primeros principios establecieron que un átomo de Cu depositado sobre la superficie Si difunde rápidamente hacia un sitio intersticial T2, en la tercera subcapa. Mientras que, si el átomo corresponde a una impureza de Cu en el bulto de Si, éste difunde hacia la superficie para finalmente ubicarse en un sitio T3 de la sexta capa sub-superficial.

Imagen 2: Problema – causa – oportunidad del proyecto



Con el fin de diseñar mecanismos que inhiban esta dañina difusión se proponen dos procedimientos alternativos: el primero consiste en cubrir los cúmulos (*clúster*) de cobre con una capa de plata, de tal manera que esta última constituya una fracción menor del *clúster*, con el consiguiente ahorro de costo. Para ello se estudiarán la difusión del Cu dentro del *clúster*, para diversas composiciones y temperaturas, de modo de asegurar la estabilidad mecánica y térmica de estos sistemas, maximizando la cantidad de cobre (minimización de costos); ii) El segundo procedimiento se basa en la adición de dopantes que impidan, o al menos depriman significativamente, la difusión del cobre. Candidatos atractivos son el boro, el bismuto y el titanio.

Es así como el CEDENNA y sus investigadores, basados en su experiencia y conocimientos, creen posible lograr obtener nano-partículas en base a cobre que tengan un desempeño similar al de las nano-partículas de plata, pero a costos menores.

3.3 Actores Involucrados y Cadena de Valor

El negocio tecnológico de este proyecto consiste en la transferencia del paquete tecnológico para la producción y comercialización de tintas de nano-partículas de base cobre para paneles fotovoltaicos. Las instituciones para las cuales se consideró el

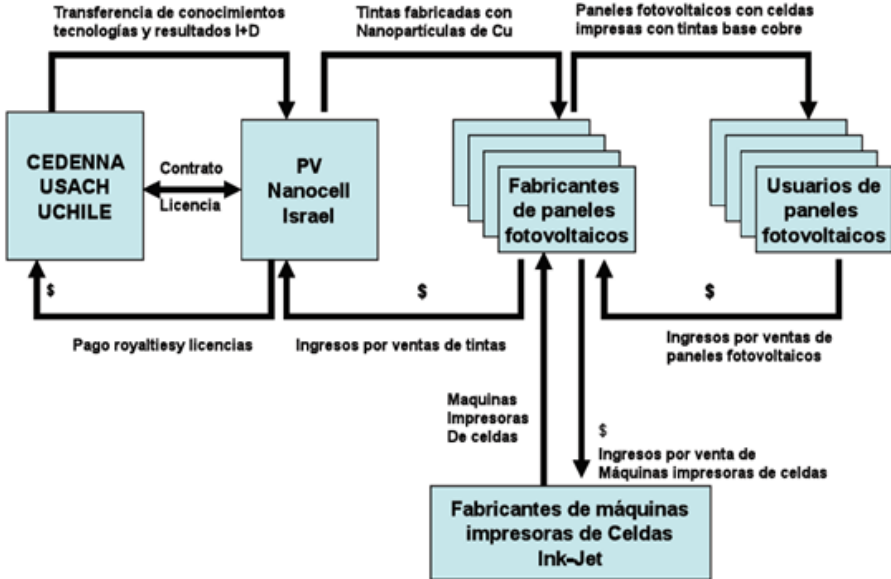
negocio tecnológico incluyen a la USACH, y específicamente al CEDENNA, la Universidad de Chile, PV NanoCell como empresa asociada y la SDT (dando un apoyo de gestión).

El receptor del negocio tecnológico será la empresa PV NanoCell, líder en el mercado mundial de productos en base a nano-tecnología, que actualmente está comenzando la comercialización de tintas de base plata con tecnología *ink-jet*.

El principal beneficiario de estos productos serán las empresas productoras de paneles fotovoltaicos a nivel mundial, las que se verán beneficiadas por una mayor competitividad de la tecnología *ink-jet*, debido a menores costos asociados al reemplazo de la plata por el cobre, lo que les permitirá una penetración más rápida al mercado, mayores ventas y mayor participación de mercado. Otro grupo beneficiado serán las empresas productoras de máquinas *ink-jet* para la impresión de celdas solares o circuitos impresos, debido a la entrada de este producto complementario de alto atractivo y retorno económico. Las empresas productoras de cobre se verán beneficiadas con un nuevo uso del cobre en un producto de mayor valor agregado, lo cual contribuye a una mayor sostenibilidad en la demanda y precios del cobre respecto a los sustitutos. Las empresas y personas que generan electricidad fotovoltaica se beneficiarán con los menores costos de equipamiento para la generación y menores costos por KW generado. Los consumidores de electricidad podrán percibir como beneficios a su vez, los menores costos del consumo y la sustentabilidad en el suministro de largo plazo.

El esquema del modelo de negocio para este proyecto se ilustra a continuación:

Imagen 3: Cadena de valor para el proyecto



3.4 Descripción de la Institución

El Centro de Desarrollo para el Desarrollo de la Nano-ciencia y la Nano-tecnología (CEDENNA) es un centro creado hace menos de 3 años, que cuenta con integrantes de distintas universidades, como la Universidad de Santiago, Universidad de Chile, la Universidad Católica y la Federico Santa Maria. Su foco está en la nano-tecnología y es financiado, a través del Programa de Financiamiento Basal para Centros Científicos y Tecnológicos de Excelencia (para detalle de este programa ver Anexo 3), por Conicyt (al menos durante los primeros cinco años), lo cual le permite una base en la cual sustentar sus estudios y desarrollo durante los primeros años, que es donde el riesgo es mayor y las empresas chilenas tienden a no ingresar. A la vez este financiamiento le significa una restricción presupuestaria, además de la exigencia de lograr ciertos objetivos, de relacionarse con las industria y lograr la transferencia tecnológica. El origen de los proyectos es tanto por requerimientos solicitados por ciertas empresas, así como por proyectos impulsados desde el mismo centro tecnológico.

La misión del CEDENNA es “convertirse en un centro de investigación internacionalmente competitivo en nano-ciencia y nano-tecnología, enfocándose principalmente en la generación de contribuciones significativas al conocimiento, la promoción del desarrollo de innovaciones tecnológicas basadas en esta área emergente y la formación de recursos humanos altamente calificados.” (CEDENNA, 2010).

Las líneas de investigación del CEDENNA son:

Tabla 1: Líneas de investigación del CEDENNA

N°	Título	Objetivos	Investigadores Principales	Investigadores Asociados
1	Modelamiento de <i>Clúster</i>	<ul style="list-style-type: none"> Estudiar las estructuras y propiedades de nano-<i>clusters</i> puros y binarios Estudiar la relación entre sistemas estructurales, electrónico y magnéticos de baja dimensión 	1. Miguel Kiwi 2. Ricardo Ramirez 3. Juan Alejandro Valdivia	Griselda García Patricio Fuentealba Víctor Muñoz José Mejía José Rogan Diego Romero Carlos Cardenas
2	Modelización de las matrices de nano-estructuras magnéticas	<ul style="list-style-type: none"> Entender los procesos de reversión y magnetización en nano-estructuras 	Dora Altbir	Eugenio Vogel Patricio Vargas Sebastián Allende Pedro Landeros David Laroze Samuel Baltasar Alvaro Nunez Rodrigo Arias

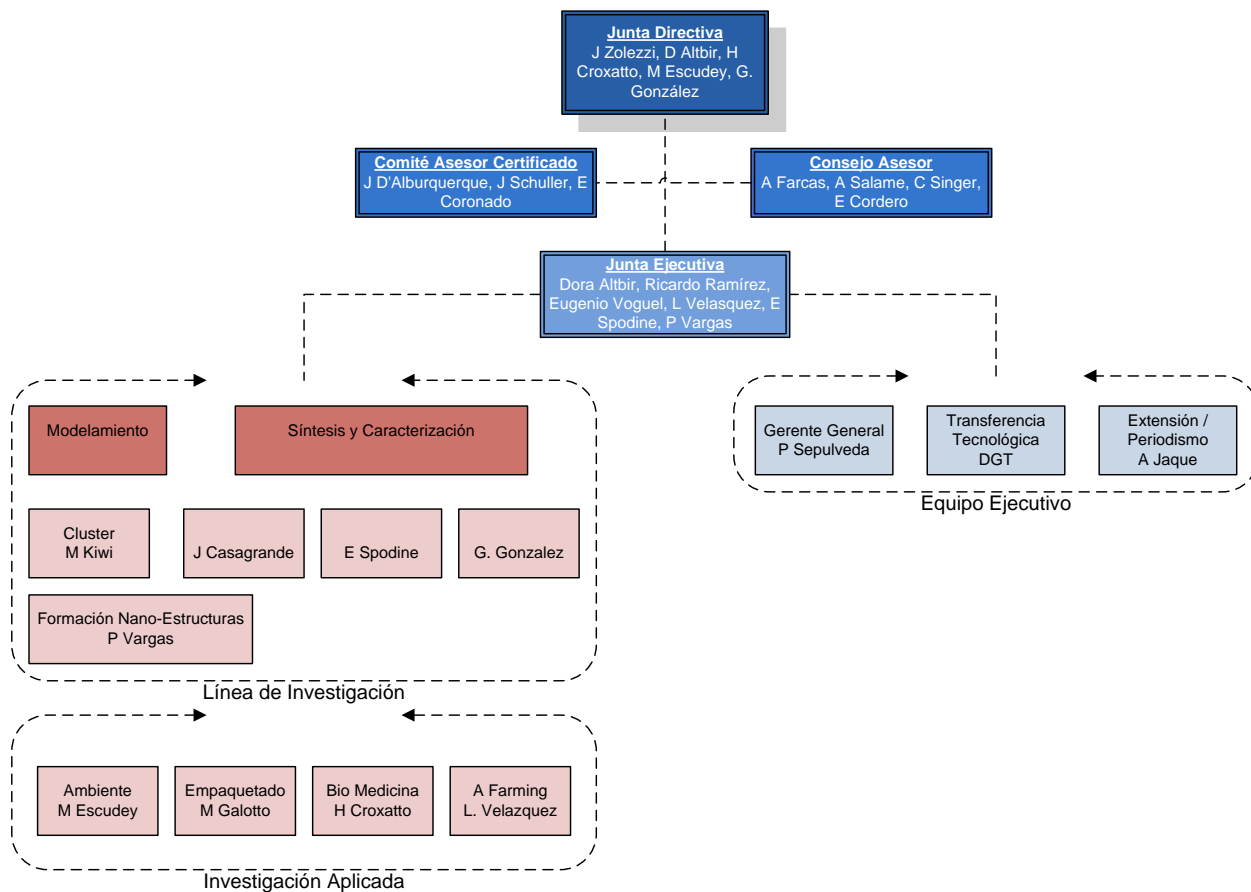
N°	Título	Objetivos	Investigadores Principales	Investigadores Asociados
3	Síntesis y caracterización de nano-partículas magnéticas	<ul style="list-style-type: none"> • Caracterización magnética de los sistemas nano-estructurados 	Juliano Denardin	Juan Escrig Juan Carlos Retamal Carlos López Jorge Valdés
4	Magnetismo molecular	<ul style="list-style-type: none"> • Optimización de condiciones para obtener nano-partículas sintéticas oxidadas recubiertas y su caracterización • Síntesis de <i>cluster</i> de polimetálicos nano-estructurados y su caracterización • Preparación de nano-partículas de metales y sus aplicaciones 	Eugenia Spodine Spiridonova	Diego Venegas-Yazigi Jorge Manzur Saffie Verónica Paredes García Carolina Aliaga Vidal Andrés Vega Carvallo
5	Síntesis y caracterización de partículas laminares	<ul style="list-style-type: none"> • Síntesis y caracterización de la arcilla • Diseño y síntesis de polímeros biodegradables funcionales • Síntesis y caracterización de semiconductores funcionales 	Guillermo Gonzalez	Fernando Mendizábal Vladimir Lavayen Sandra Fuentes Eglantina Benavente
6	Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • Preparación, caracterización y modificación de superficie de aluminosilicatos y Fe oxidados natural y sintéticamente • Modelación aplicada a problemas ambientales con aplicaciones industriales potenciales 	Mauricio Escudey	Juan Enrique Foster Carmen Pizarro Mónica Antilen
7	Empaquetado	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de nano-partículas con actividad antimicrobiana de diferentes orígenes (productos naturales y compuestos inorgánicas) • Estudio de migración de nano-compuesto de matrices poliméricas • Desarrollo de nano-partículas con capacidad de absorción del etileno. 	Maria Jose Galotto	Abel Guarda Francisco Rodríguez Julio Bruna

N°	Título	Objetivos	Investigadores Principales	Investigadores Asociados
8	Biomedicina y nano-tecnología para el desarrollo de granjas de animales	<ul style="list-style-type: none"> Identificación de nano-partículas en sistemas biológicos y medioambientales Caracterización de nano-partículas, desde el punto de vista toxicológico, en sistemas biológicos y medioambientales 	<ol style="list-style-type: none"> Luis Velasquez Horacio Croxatto 	Hugo Cárdenas Sergio Castro Luis Constandil Alejandro Hernández Claudio Laurido Pedro Orihuela M. Angelica Rubio

Fuente: Anual Progress Report CEDENNA

La institución tiene una organización que se representa de la siguiente manera:

Imagen 4: Organigrama CEDENNA



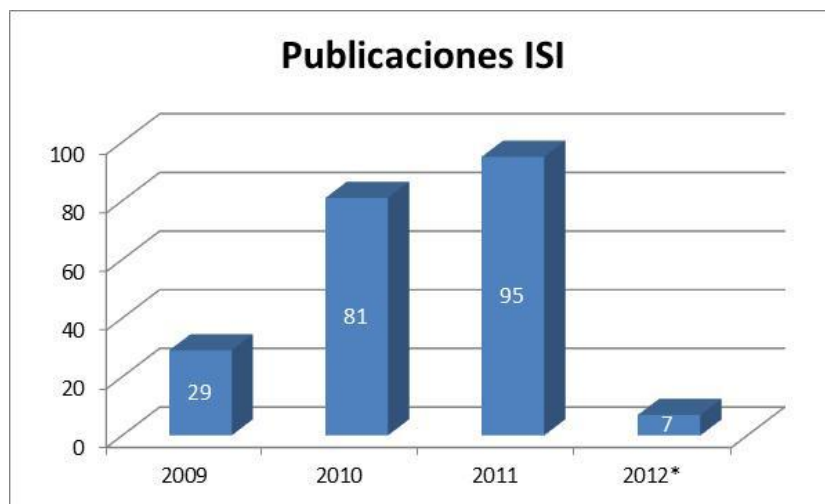
Fuente: www.cedenna.cl

En general, el centro tiene 3 canales por lo cuales realiza negocios:

- a) Desde los mismos investigadores, que por trabajos anteriores tienen una mayor cercanía y contactos con la industria.
- b) Levantamiento de ciertos perfiles de empresas para un proyecto, identificando cuál sería la contraparte correcta para el proyecto.
- c) Contactar con instituciones que agrupan empresas (como la Sociedad de Fomento Fabril, SOFOFA). Esta ha sido, en general, el medio menos exitoso.

Las publicaciones ISI que se han realizado desde el CEDENNA ascienden a:

Gráfico 1: Publicaciones ISI CEDENNA

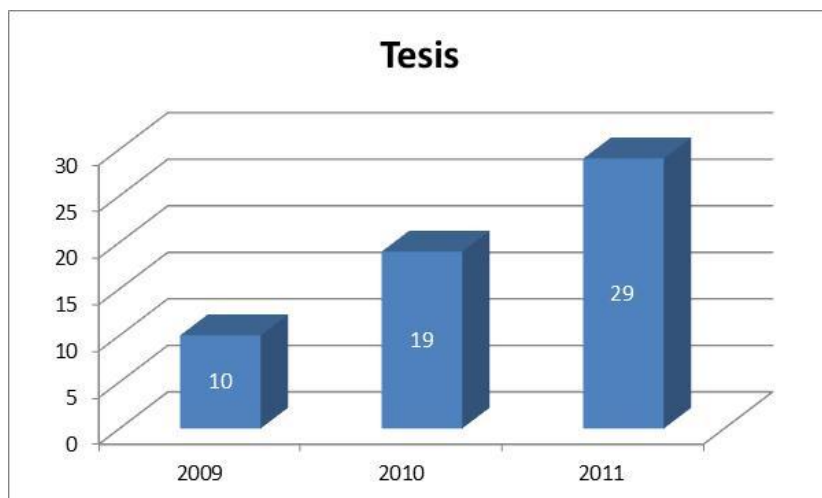


Fuente: www.cedenna.cl

*Datos hasta el 13 de Enero de 2012

Las Tesis publicadas por alumnos dentro del CEDENNA ascienden a:

Gráfico 2: Tesis CEDENNA



Fuente: www.cedenna.cl

Las Patentes que el centro ha solicitado son:

Tabla 2: Patentes solicitadas por el CEDENNA

Patente	Fecha Solicitud	Estado	N° Patente
Uso de los anti-inflamatorios no esteroideos meloxicam y prioxicam, por vía intravaginal, para la interrupción del proceso ovulatorio en la mujer	26 de Agosto de 2011	Solicitada	PCT/CL 2011000049
Un proceso para la obtención de un film que comprende la incorporación de agentes antimicrobianos de origen natural en una estructura polimérica	14 de Marzo de 2011	Solicitada	532
Un proceso para la obtención de un film que comprende la incorporación de agentes antimicrobianos de origen natural en una estructura polimérica, para el desarrollo de envases destinados a incrementar la vida útil de carne refrigerada, preferentemente de salmón fresco refrigerado	03 Diciembre de 2010	Solicitada	1342
Formulación inyectable de liberación controlada para la administración de Ceftiofur y Florfenicol en especies animales, basada en micro-partículas de Ácido Poliláctico-Glicólico (PLGA)	21 de Octubre de 2010	Solicitada	01153
Formulación inyectable de liberación controlada para la administración de Ceftiofur y Florfenicol en	21 de Octubre de	Solicitada	01152

Patente	Fecha Solicitud	Estado	N° Patente
especies animales, basada en micro-partículas de Polihidroxibutirato hidroxivalerato (PHBV)	2010		
Procedimiento de magnetización de aluminosilicatos naturales y sintéticos	29 Diciembre de 2009	Solicitada	2229

Fuente: www.cedenna.cl

El CEDENNA ha tenido contacto con sectores públicos y privados; durante el 2011 destacaron las siguientes reuniones:

- Biosigma: Con el fin de ayudar a esta empresa en la búsqueda de formas para recuperar cobre de los desechos líquidos del proceso de producción de cobre.
- Laboratorios Andrómaco: explorar la posibilidad de un esfuerzo conjunto para introducir en el mercado un gel dermatológico.
- Laboratorios Recalcine: Colaboración potencial para ejecutar los ensayos clínicos para el anillo anovulatorio Meloxicam.
- Reunión con el Sr. Guido Girardi (Presidente del Senado de la República de Chile): Con el fin de promover las actividades del Centro CEDENNA con los responsables políticos de Chile.

Los Fondos Obtenidos para proyectos en el año 2011 son:

Tabla 3: Resumen de fondos obtenidos por el CEDENNA en el año 2011

Financiación principal		Cantidad	% del Total
		(M\$)	
Financiación pública principal			
CONICYT	Proyectos de Investigación en equipo en Ciencia y Tecnología	\$ 758,862	44.9%
Millenium	Núcleos Millenium	\$ 101,705	6.0%
Otros Financiamientos Públicos			
CONICYT	FONDECYT	\$ 514,251	30.4%
	Concurso Inserción Investigadores	\$ 26,800	1.6%
	FONDEF	\$ 50,363	3.0%
Gobierno de Chile	Oficina de Medio Ambiente	\$ 43,800	2.6%
Recursos Privados - Organizaciones Nacionales o Internacionales con y sin fines de lucro			
Recursos Nacionales			
Corporaciones	Salmones Mult./H&C/Clariant/Otros	\$ 110,960	6.6%
Orgs. sin fines de lucro	USACH (Fondef)	\$ 28,120	1.7%
Otro	USACH (Inserción)	\$ 21,600	1.3%
Otro	USACH (Proyectos internos)	\$ 10,040	0.6%
Otro	Sociedad de Desarrollo tecnológico	\$ 3,656	0.2%
Corporación	TOYOTA Chile	\$ 298	0.0%
Corporación	A. Cohen & Co.	\$ 5,273	0.3%
Recursos Internacionales			
Orgs. sin fines de lucro	Wellcome Trust	\$ 14,215	0.8%

Total Financiamiento	\$ 1,689,943
----------------------	--------------

Fuente: *Anual Progress Report CEDENNA*

En definitiva, se puede observar que si bien el CEDENNA es un centro que tiene poco tiempo de vida, los avances y resultados que se han tenido en este corto tiempo son considerables (más aún considerando los extensos tiempos que demoran formular un proyecto, conseguir el financiamiento y lograr un patentamiento sobre la investigación). Los avances obtenidos se pueden ver reflejados en el aumento de las publicaciones ISI que se han tenido durante los distintos años (29 el 2009, 81 el 2010 y 95 el 2011) y en las tesis publicadas (10 el 2009, 19 el 2010 y 29 el 2011). Los resultados se ven reflejados tanto en las 6 patentes que han sido solicitadas, así como

en los fondos que se han conseguido para distintos proyectos, montos que superan 1,600 millones de pesos. Además, el centro tiene identificado sus áreas de investigación, con investigadores y objetivos asociados a éstos, lo que permiten tener una mejor organización de los proyectos a desarrollar. Basado en esto, se puede observar que detrás del proyecto a valorar, hay una institución seria y con grandes perspectivas, lo cual si bien no garantiza el éxito de la investigación, si constituye una base importante a la hora de empezar un proyecto.

3.5 La Empresa PV NanoCell

PV NanoCell Ltd. ha desarrollado a lo largo de los años una tecnología para la fabricación de metales nano, la que junto a tecnología de nano-hilos licenciada a la Universidad de Tel Aviv, les ha permitido nuevos avances en las aplicaciones de celdas solares impresas, haciéndolas eficientes del punto de vista de su costo . De esta forma, PV se posiciona como integrador de tecnología, facilitador y experto en materiales para celdas solares impresas con énfasis en tecnología de nano-materiales.

Los equipos y fundadores (dos Doctorados, tres Magíster y dos Técnicos) tienen muchos años de experiencia en el campo de la nano-tecnología. Su misión es contribuir a mejorar el medio ambiente, y difundir el uso de alternativas energéticas "más verdes". Se enfoca en el desarrollo de tecnologías de punta de materiales avanzados, que permitan la fabricación de celdas solares costo - eficientes, mediante la comercialización de materiales y licenciamiento de tecnologías a los productores de celdas solares.

La empresa participa en el mercado de celdas solares, que alcanzó el tamaño de 14 GW equivalente a US\$10 mil millones anuales a finales de 2008, creciendo a una tasa de 20 a 25% por año. Sus tintas conductoras a base de plata, van a reemplazar la pasta de plata en la impresión de celdas solares de silicio con tecnología de impresión "frontgrid" (un mercado de US\$500 millones, que se espera que crezca a más de US\$1.000 millones en 2012). Su tecnología de nano-hilos y materiales propuesta para celdas solares de película delgada de electrodo frontal, es un mercado de US\$100 millones que se espera crezca a US\$700 millones hacia el año 2015.

4. Antecedentes

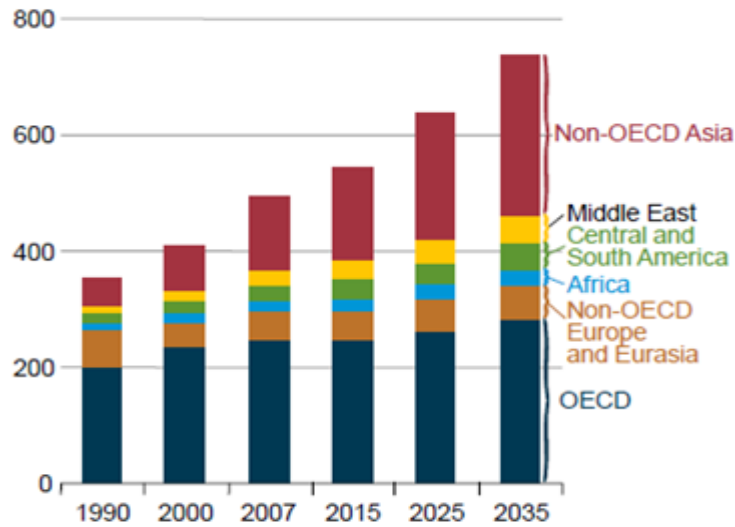
4.1 Energía

La energía tiene un papel esencial en la vida social y económica de los países. El funcionamiento de las sociedades modernas depende por completo de su disponibilidad: las actividades productivas y cotidianas (educación, esparcimiento o transporte) requieren de una adecuada provisión y acceso a diversos tipos de energía. (Comisión Nacional de Energía, 2008)

Con el continuo aumento del consumo global y el crecimiento esperado de 2,5 mil millones de la población mundial para 2050, existe una creciente conciencia de las restricciones consiguientes de los recursos naturales. No sólo los altos precios de los productos básicos afectan el presupuesto de los consumidores y obligan a una re-evaluación de la forma de vida de las personas, sino que también podrían indicar escasez a largo plazo de recursos naturales importantes, dentro los cuales los más importantes son los recursos energéticos que se utilizan en las condiciones tecnológicas actuales. (Comisión Nacional de Energía & Dalberg, 2008)

La siguiente figura muestra un fuerte crecimiento del consumo mundial durante el periodo 2009 al 2035, presentándose un aumento de casi un 50%. La mayor parte del crecimiento se produce en las economías emergentes fuera de la OCDE: el aumento del uso de la energía es de un 84% en el caso de los países fuera de la OCDE, cifra mucho más alta en comparación con el aumento del 14% de los países desarrollados de la OCDE.

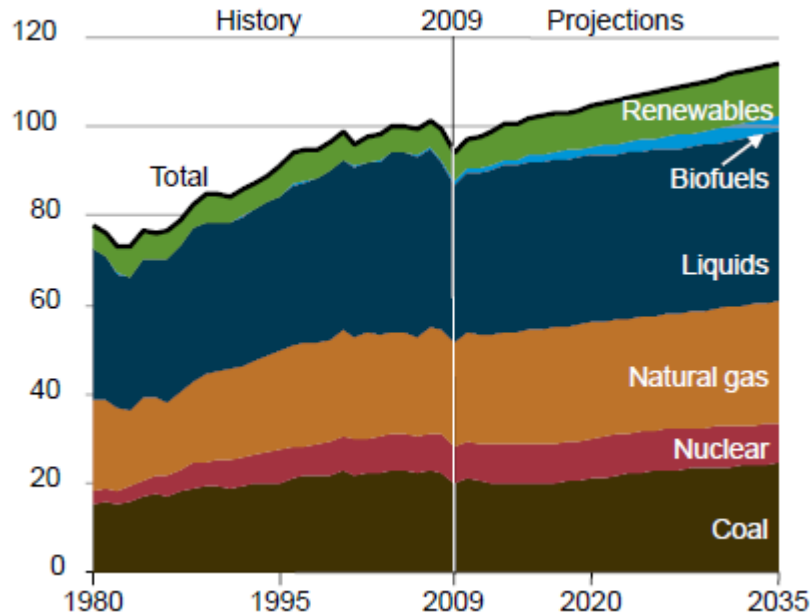
Gráfico 3: Consumo de energía mundial por región, 1990 – 2035 (cuatrillón Btu)



Fuente: (U.S. Energy Information Administration, 2011)

La siguiente figura muestra que el consumo de todos los combustibles aumentará, pero la proporción de combustibles fósiles del consumo total de energía cae de un 83% en 2009 a un 78% en el 2035. En cambio, la cuota del consumo de energías renovables del total aumenta del 8% en 2009 a 13% en 2035.

Gráfico 4: Energía primaria usada como combustible, 1980 – 2035 (cuatrillón Btu)



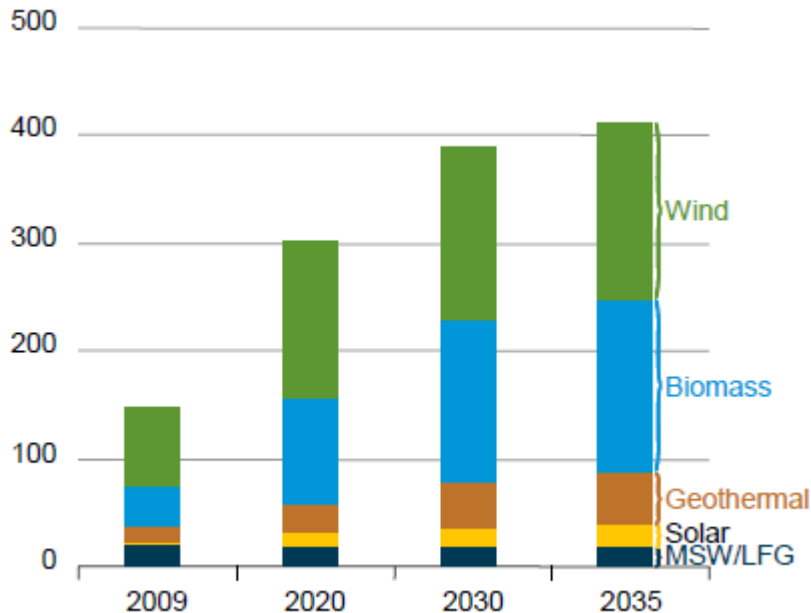
Fuente: (U.S. Energy Information Administration, 2011)

4.1.1 Energía Renovables

La energía renovable se refiere en general a la electricidad suministrada a partir de fuentes de energía renovables (existen cinco diferentes tipos de recursos de energía renovable: energía solar, energía del viento, energía hidroeléctrica, energía geotérmica y energía de biomasa). Estas fuentes de energía se consideran fuentes de energía renovables debido a que sus fuentes de combustible están continuamente reponiéndose. Las energías renovables se distinguen de las fuentes fósiles de energía no re generables (carbón, petróleo, gas natural), cuyos medios son limitados. (Global Energy Network Institute, 2009)

Como se muestra en la siguiente figura la generación de electricidad renovable en los sectores de uso final también sigue creciendo. En particular, la generación de recursos solares se incrementa de un 2% (de la generación de renovables no hidroeléctricas en 2009) a más de un 5% en 2035. La generación de uso final de energía solar crece a partir de 2300 millones de kilovatios-hora en 2009 hasta 16,8 mil millones de kilovatios-hora en 2035.

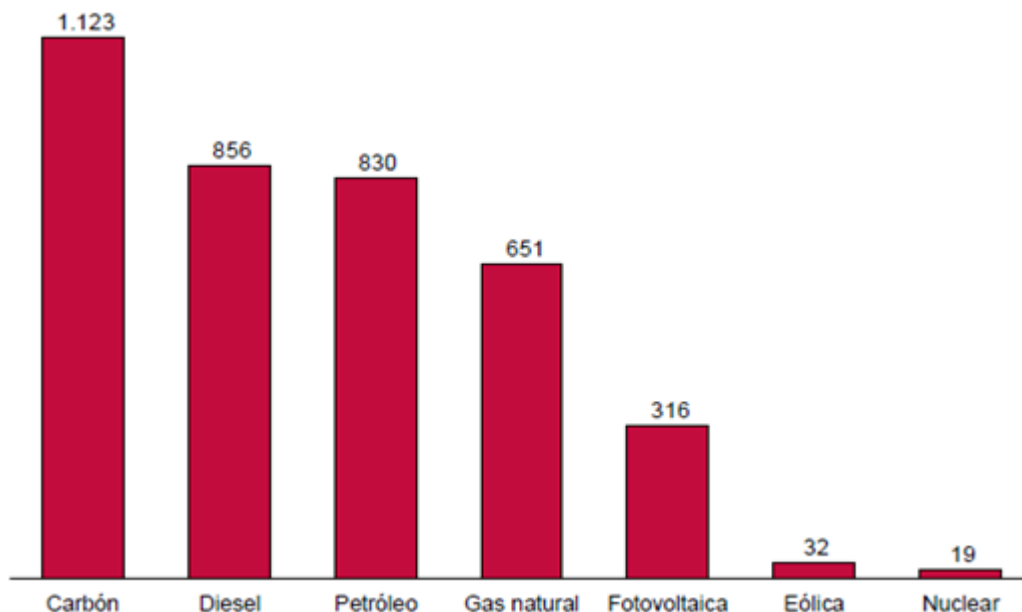
Gráfico 5: Generación por fuente de energía eléctrica renovable no-hídrica, 2009 – 2035 (billones de kilowatt-hora)



Fuente: (U.S. Energy Information Administration, 2011)

Se puede observar que existen diferencias en las emisiones según la fuente energética:

Gráfico 6: Emisiones de CO₂ por tipo de energía (kg. de carbón equivalente / TEP)



Fuente: (Comisión Nacional de Energía & Dalberg, 2008)

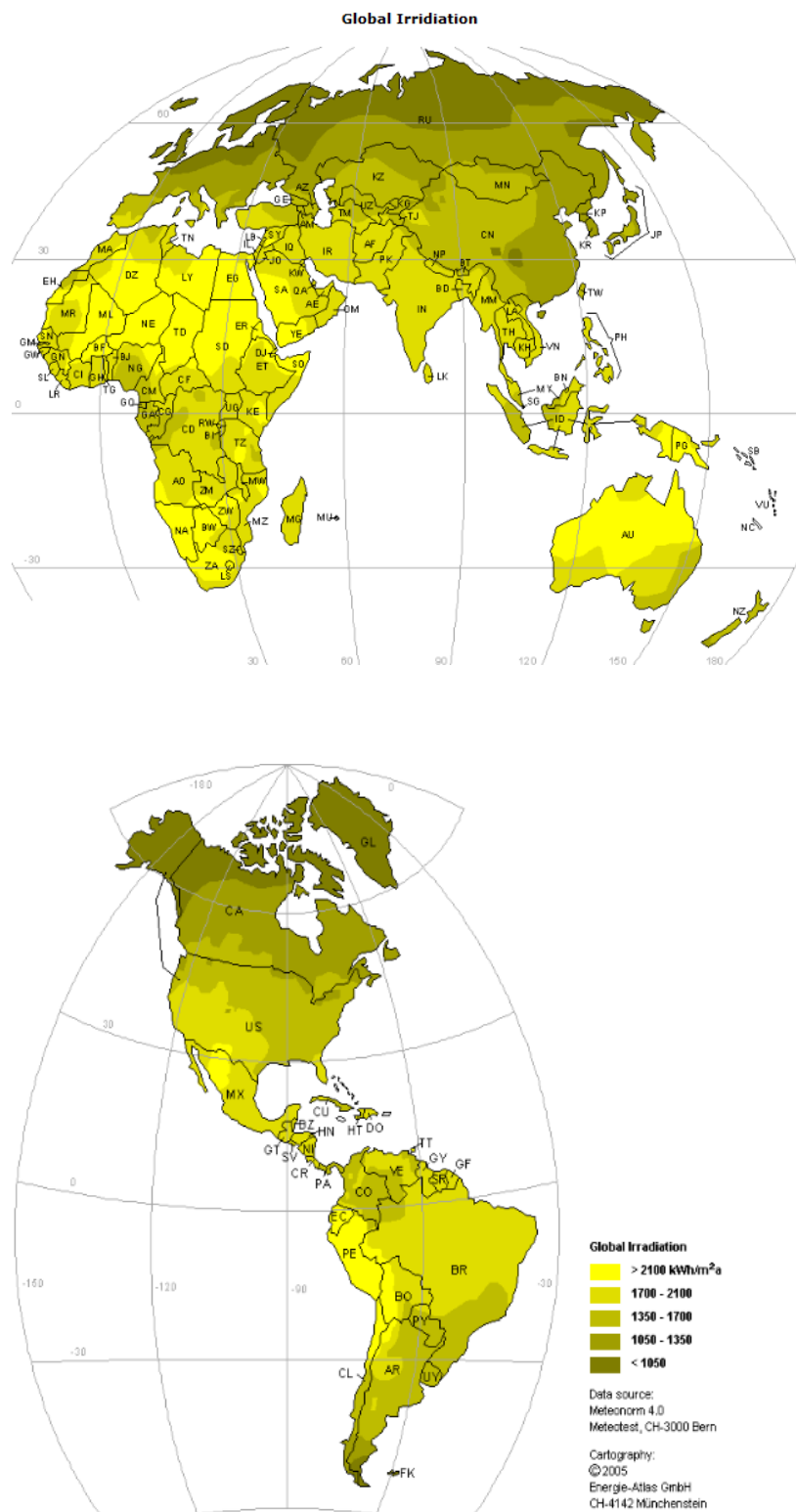
Como se observa, la energía fotovoltaica es bastante menos contaminante que el carbón (contamina un 250% más), el diésel (contamina un 170% más), el petróleo (contamina un 160% más) y el gas natural (contamina un 100% más). Sólo la energía eólica y la nuclear son menos contaminantes (aunque la inseguridad que ésta última despierta, trae consigo toda una discusión y debate social).

4.1.2 Energía Solar

“La energía solar es la energía del sol recibida por la tierra. Esta energía es en forma de radiación solar, lo que hace que la producción de electricidad solar sea posible.” (Global Energy Network Institute, 2009)

El siguiente mapa muestra la distribución geográfica de la radiación solar incidente sobre la superficie de la tierra cada año:

Imagen 5: Radiación global



Fuente: (Global Energy Institute Network, 2010)

El remanente energético de los procesos de interacción de la energía solar en la Tierra llega en forma de radiación a la superficie de océanos y tierra firme en el planeta. Existen dos formas de convertir esta energía en electricidad. La primera consiste en el uso de celdas fotovoltaicas. Éstas producen un voltaje continuo a partir de la radiación incidente. El funcionamiento de las celdas fotovoltaicas se basa en el efecto fotoeléctrico. La segunda opción se basa en concentrar la radiación directa del Sol, mediante superficies con buenas propiedades reflectivas, calentando algún medio para finalmente aprovechar este calor y así generar electricidad a través de un ciclo térmico; Esto se conoce como tecnología termo solar (dentro de las cuales encontramos los Concentradores parabólicos, Torre concentradora central, Concentrador solar Stirling y Reflectores lineales Fresnel). (Müller-Steinhagen & Trieb)

En definitiva, se puede observar que los requerimientos a futuro de la energía están lejos de disminuir, y la necesidad de usar fuentes alternativas (o ERNC) se ha convertido en una necesidad y obligación. El proyecto que se valúa en este trabajo, esta direccionado a este objetivo de facilitar y promover, a través de la reducción de costos y por ende del precio, el uso de una fuente renovable de energía que permita suplir la necesidad futura de energía sin tener un impacto ambiental importante.

4.2 La Nanotecnología

La nano-tecnología es “el estudio, diseño, creación, síntesis, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a través del control de la materia a nano escala, y la explotación de fenómenos y propiedades de la materia a nano escala.” (Euroresidentes, 2000). Así, la nano-tecnología tiene múltiples aplicaciones ya que los materiales que se pueden trabajar a escala nano pueden ser de todo tipo (por mencionar algunas aplicaciones: energía, espacio, agro, salud, mediciones de precisión, tecnologías alimentarias, textiles, fármacos).

En América Latina el impulso a las nano-tecnologías “está asociado a la búsqueda de reorientar las economías para hacerlas menos dependientes de las exportaciones agropecuarias, minería y otros sectores ligados a los recursos naturales, y basarlas más en lo que hoy en día se conoce como economía del conocimiento.” (Foladori & Fuentes, 2007).

Las nano-tecnologías aprovechan las propiedades únicas de partículas diminutas que se miden en la escala del nanómetro, lo que podría tener repercusiones de gran alcance para la sociedad. Los conocimientos actuales sobre la nano-ciencia provienen de avances en los campos de la química, física, ciencias de la vida, medicina e ingeniería. Existen diversas áreas en las que la nano-tecnología está en proceso de

desarrollo o incluso en fase de aplicación práctica. En la ciencia de los materiales, las nano-partículas permiten la fabricación de productos con propiedades mecánicas nuevas, incluso en términos de superficie de rozamiento, de resistencia al desgaste y de adherencia. Productos de consumo tales como cosméticos, protectores solares, fibras, textiles, tintes y pinturas ya incorporan nano-partículas. (GreenFacts, 2007)

Con frecuencia, las nano-partículas cuentan con propiedades físicas y químicas muy diferentes a las de los mismos materiales a escala convencional. Las propiedades de las nano-partículas dependen de su forma, tamaño, características de superficie y estructura interna y la presencia de determinadas sustancias químicas también puede alterar dichas propiedades. La composición de las nano-partículas y los procesos químicos que tienen lugar en su superficie pueden alcanzar una gran complejidad. (GreenFacts, 2007)

El impacto de la nano-ciencia y la nano-tecnología en el siglo XXI será equivalente al impacto generada por el transistor y la física de semiconductores en el siglo XX. Así, la N&N fue puesta como prioridad por la actual administración del gobierno chileno, lo que está comenzando a cristalizarse en acciones y programas específicos (CEDENNA, 2010). Es en este marco que el CEDENNA busca convertirse en el principal centro de nano-ciencia y nano-tecnología en Chile, considerando la alta calidad de los recursos humanos con los que cuenta. Prueba de estas intenciones es la adjudicación (el 2008) del Programa de Financiamiento Basal para Centros Científicos y Tecnológicos de Excelencia (iniciativa del Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad).

4.3 Descripción del Proceso de Desarrollo e Implementación de Nuevas Tecnologías

La estrategia de patentes están basada en tres dilemas: “Si registrar o no una patente (1), si establecer una compañía o desarrollar un negocio *spinout* (2) y cuanto cobrar por una licencia (3). Estas preguntas no deben ser necesariamente contestadas al mismo tiempo. “ (Nelsen, 2007)

Para la decisión de si registrar una patente hay que hacer las siguientes preguntas: (1) ¿Es esta invención capaz de obtener una patente lo suficientemente amplia para proteger un producto o una línea de producto y no sólo una variación menor de una tecnología existente? (2) Si la patente, ¿esta invención atraerá concesionarios o inversiones para comercializar de manera que genere retornos necesarios para la institución que justifiquen el gasto en patentar? (3) ¿Es el patentar la mejor ruta para maximizar el acceso de la sociedad a la tecnología? (Nelsen, 2007)

Para responder estas preguntas a conciencia, hay que realizar una evaluación que considere³:

i) El mercado: ¿Qué necesidades satisface la invención? ¿Es una mayor, un bien reconocida necesidad o una menor? ¿Cómo esta necesidad se cumple ahora? ¿O está satisfecha del todo? ¿De qué tamaño es el mercado? ¿Está el mercado ya establecido o hay que desarrollarlo? ¿Está creciendo o muriendo?

ii) La tecnología: ¿Cómo esta tecnología cambiaría el cómo el mercado actualmente siente la necesidad? ¿Es esta tecnología no sólo diferente sino que también mejor? Si lo es, ¿Cuáles son los mayores beneficios que ofrece? ¿Cuán cierto es que la tecnología funcionará? ¿Puede ser demostrado al inversor? ¿Cuánto tiempo y dinero tomará desarrollar la invención en un producto comercial?

iii) Grado probable de la protección de patente: ¿Está la invención en una etapa tan inicial del desarrollo del producto que la patente expirará antes de que el producto salga al mercado? ¿El campo se mueve tan rápido que patentar se hace irrelevante? ¿Puede la práctica bajo la patente ser detectada?

iv) El inventor: La participación del inventor en el desarrollo de la tecnología es crítica. ¿Está interesado en seguir y monitorear el desarrollo de la tecnología? ¿Está relacionado con el mercado o el campo?

v) Responsabilidad Social: La patente puede traer mucho más ingresos a la universidad, así como estimular de forma más temprana el desarrollo. Sin embargo, puede limitar la investigación si el poseedor de la licencia no invierte lo necesario.

vi) Consideraciones locales: La decisión de patentar dependerá del instituto y de donde se encuentre ubicado. Si está en una región subdesarrollada, o si es pública estará más enfocada en fortalecer el desarrollo local que una privada, o si es médica podrá patentar un producto para un mercado pequeño pero que puede traer beneficios altos a los pacientes.

Para la segunda pregunta (establecer una compañía o desarrollar un negocio *spinout*) hay que considerar las ventajas de cada una de las opciones. Generalmente una compañía existente ya tiene “la infraestructura, la administración, los recursos, los canales de distribución, el nombre y el acceso al mercado” hará que la distribución final sea más fácil y efectiva” (Nelsen, 2007). Sin embargo es difícil lograr la atención de alguna compañía, ya que en muchos casos cuentan con su propia agenda de desarrollo y prioridades. La mayor desventaja de vender a una compañía existente es el riesgo de que la compañía pierda el interés o prioridad, dejando el proyecto inconcluso. Para el *spinout*, las ventajas y desventajas son las opuestas: si bien se trabajará más de cerca

³ Según (Nelsen, 2007).

con alguno de los inventores, las compañías *spinout* son frágiles y deben encontrar administradores competentes, tienen dificultades en marketing y en los canales de distribución.

La decisión de cual se va a elegir dependerá del tipo de tecnología; el *spinout* será preferido para los siguientes casos (Nelsen, 2007):

- ✓ Una plataforma tecnológica que apunta a varios productos (no es justificable el riesgo de un *spinout* cuando hay un sólo producto previsto).
- ✓ No hay una industria haciendo un producto similar (es muy difícil competir en un mercado conformado).
- ✓ El mercado es grande como para justificar el riesgo y hay una fuerte protección a la propiedad intelectual (es la mayor herramienta de protección de pequeñas empresas cuando entran grandes empresas al mercado cuando la tecnología ha sido probada de forma exitosa).
- ✓ Tener un inventor creíble que se una a la compañía (como fundador, empleado o consultor).

La tercera decisión (cuánto cobrar) es un proceso crítico, ya que llegar a un acuerdo que tanto el centro de investigación como la compañía consideren justos es difícil, debido principalmente a las dificultades que el centro de investigación tiene para valorar una tecnología.

Además, la mayoría de las empresas no están dispuestas a pagar una sola gran suma de dinero, por lo tanto el valor total de la tecnología no debe ser calculado a la hora de transferir la tecnología. Por lo general, el riesgo es compartido entre el instituto y la compañía a través de unas combinaciones de pagos, algunos al principio y otros después que dependen de las ventas.

Una licencia para una compañía existente pueden incluir: una cuota emisión, cuotas de mantención, reembolso del costo de patentamiento, cuotas por hitos (usualmente cuando la tecnología es muy riesgosa y requiere inversiones significativas) y *royalty* (usualmente un porcentaje de las ventas). Para una licencia de un *spinout* son las mismas, pero además se puede agregar el tener acciones en la compañía.

Una consideración importante antes de valorar es determinar que va a ser proveído o transferido entre las partes. Lo que puede ser incluido es (Razgaitis, 2007): derechos no exclusivos de patentes no específicas, "*know how*", copyright (derechos de propiedad intelectual), datos técnicos, derechos sobre futuras ventas de mejoras, derechos de sub licenciar y similares.

Tabla 4: Componentes del paquete tecnológico

Componentes que pueden ser incluidos en el paquete tecnológico		
Conocimientos Científicos	Conocimientos Empíricos	Ingeniería Básica
Perfiles de Factibilidad Técnico-Económica	Información Técnica Externa	Ingeniería de Detalle
Diseño y Manufactura de Equipos	Cumplimiento de Normas y Especificaciones	Protección de la Propiedad Intelectual
Plan de Negocios	Provisión de Equipos	Capacitación Técnica
Cumplimiento de Normas y Controles Gubernamentales	Ajuste del Paquete a Condiciones de Operación reales	Adecuación del Producto a las Necesidades del Mercado
Negociaciones Contractuales		Construcción y Arranque de Planta

Fuente (Santibañez, 2010).

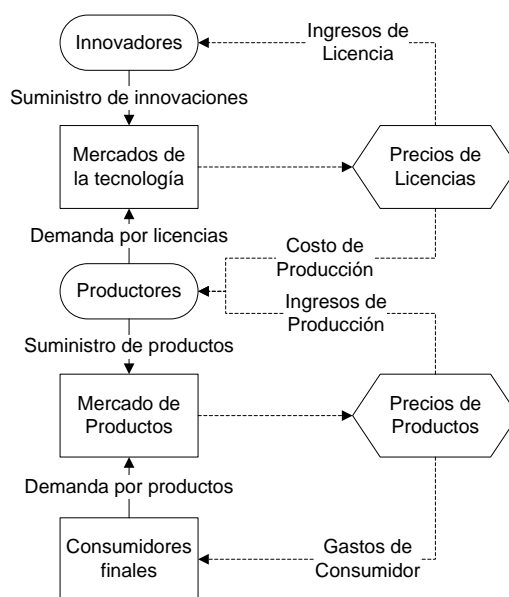
En el proceso de transferencia tecnológica desde las universidades e institutos uno de los aspectos relevante es ponerle precio a la tecnología o paquete tecnológico a ser transferido, ya sea esté a nivel de laboratorio, piloto, escalado o pre-comercial.

Entrando de lleno en la valuación de una tecnología son varios los factores que influyen, como el nivel de la demanda del mercado, la mejora que puede traer la tecnología al producto final, si se necesitara otras inversiones para desarrollar el producto final y, la más importante, la tasa predicha de captación y adopción del mercado, “un factor muy importante a la hora de terminar el valor de mercado de un producto es cuánto del producto es vendido o usado y a que tasa de demanda el producto evoluciona y crece. El éxito del producto no solo depende del número de personas que lo prueban una vez, sino del número de usuarios que repiten. Esto es el “proceso de adopción”, en el cual el producto pasa de ser nuevo en el mercado a ser un producto establecido” (Potter, 2007). Pero “es difícil estimar el flujo de caja futuro de una propiedad intelectual o de una tecnología aún no desarrollada y ni testada” (Potter, 2007).

Además, se hace relevante el estudio de cómo funciona el mercado y el marco en que se mueven las negociaciones: aguas arriba, las innovaciones disponibles para la concesión de licencias se entregan en el mercado de la tecnología. La solicitud de

licencias proviene de las empresas que producen bienes finales vendidos a los consumidores. Los precios de las licencias se determinan en este mercado, que afectan tanto a los costos de los productores, como a los ingresos de los innovadores. Los precios fijados en los mercados de productos afecta a los ingresos de los productores y los gastos (y por tanto el bienestar) de los consumidores finales. Aunque para la ilustración, se muestran los innovadores y productores independientes, en algunos casos pueden estar integrados verticalmente. En la imagen siguiente se muestra el caso de que las innovaciones licenciadas se utilizan para producir bienes y servicios finales. Por otra parte, las licencias podrán ser utilizadas para producir innovaciones acumulativas. Si la innovación acumulativa se vende al consumidor final, entonces la situación es esencialmente la misma que se muestra en la figura. (Aoki & Schiff, 2008)

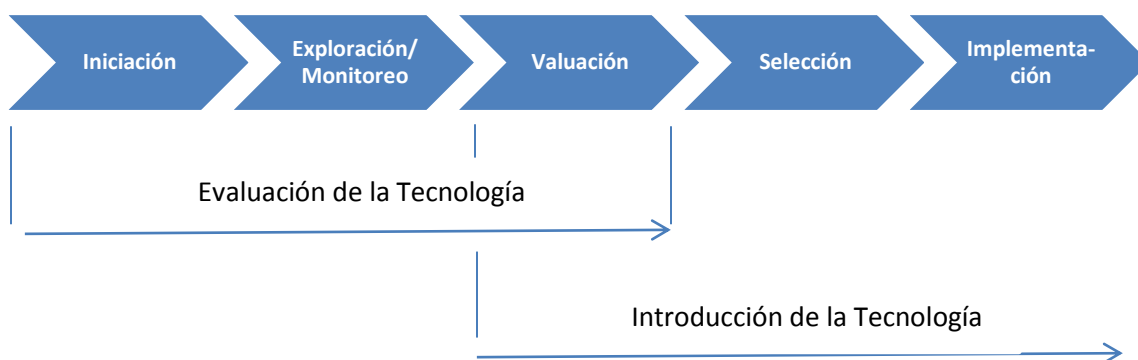
Imagen 6: Proceso introducción de la tecnología



Fuente: (Aoki & Schiff, 2008)

Como se muestra en la siguiente figura “la introducción de la tecnología se define como un proceso progresivo y dinámico de la nueva evaluación y selección de opciones tecnológicas y su aplicación en productos, procesos y servicios... debido a su importancia, la selección puede representar un obstáculo en el proceso de introducción de la tecnología; La valoración de las nuevas tecnologías no supera esta barrera por sí misma, sólo crea transparencia en el proceso.” (Bucher, Birkenmeier, Brodbeck, & Escher, 2003)

Imagen 7: Marco para investigar tecnologías disruptivas



La evaluación eficaz y la introducción de cualquier tecnología se ven frustrada cuando la información sobre el medio ambiente futuro de la organización es pobre. Dado que los flujos de efectivo se respalda en el futuro más lejano, esto es particularmente cierto en el caso de las tecnologías de punta. En consecuencia, una organización que tiene la intención de asumir un papel protagonista en la evaluación e introducción de tecnologías de punta necesita un estado de la técnica del sistema de análisis ambiental, proporcionando información sobre la tecnología y los mercados, así como en la economía, la política y la sociedad (Bucher, Birkenmeier, Brodbeck, & Escher, 2003).

El objetivo para la valoración de la tecnología es analizar de manera integral posibles estados futuros con respecto a su impacto en el negocio mediante el uso de ambos aspectos, tecnológicos y ambientales. El uso de herramientas cualitativas y cuantitativas estandarizadas, tales como carteras y análisis de valor, que apoyen el pensamiento funcional y que ofrezcan transparencia y reconstrucción son indispensables para la evaluación eficaz de las tecnologías de punta. Sin embargo, ninguno de los métodos compensa la poca capacidad de juicio, por lo que se pide la participación de reconocidos expertos tecnológicos internos y externos. (Bucher, Birkenmeier, Brodbeck, & Escher, 2003).

También se hace relevante entender las distintas tipos de tecnologías: (i) tecnología de nueva creación del mercado (produce ingresos creando nuevos productos o servicios), (ii) la tecnología existente penetrante en el mercado (produce ingresos a través de la sustitución) y (iii) tecnología de mejora de estructuras de costo (produce ingresos mejorando la eficiencia de costos). Las dos primeras son tecnologías que producen beneficios mediante la creación de nuevos mercados o mediante la sustitución de los existentes, mientras que la tercera es una tecnología de fabricación que no aumenta los ingresos o el tamaño del mercado, sino que mejora la rentabilidad mediante la alteración de la estructura de costos.

4.4 State of the Art de la tecnología⁴

4.4.1 Impresión por Tintas de Inyección Basadas en Nano-partículas de Plata (Un Proceso Alternativo a las Celdas Solares de Silicio)

Un aspecto clave para el mejoramiento de celdas fotovoltaicas es el desarrollo de materiales de bajo costo y metodologías eficientes. La impresión de tinta es una alternativa atractiva frente a la serigrafía o la evaporación al vacío para la fabricación de los contactos frontales de las celdas solares. La evaporación en vacío es eficiente pero requiere plantillas y es demandante en capital. La serigrafía es una técnica de impresión de bajo costo, pero tiene problemas de resolución y de producción. La impresión mediante inyección de tinta es una aproximación posible para la manufactura en masa y la producción en línea de celdas y módulos (Curtis, Alleman, Perkins, Ginley, Kaydanova, & Miedaner, 2003), es un derivado del proceso de escritura directa, ofrece la ventaja de baja capitalización y muy alta eficiencia del material, además de la eliminación de la fotolitografía ya que es un proceso sin contacto (adecuado para el procesamiento de *wafers* frágiles y *wafers* de silicio policristalinos dispares) y es amigable con el medio ambiente al no dejar residuos. La impresión a tinta permite también una mejor resolución de las líneas y mejora la razón de aspecto de las líneas de conducción de la grilla, lo que permite un mejor desempeño de las celdas solares.

Un elemento esencial en el desarrollo de contactos basados en inyección de tinta es la formulación de la tinta. Las tintas deben contener los precursores adecuados, y se debe agregar un vehículo de transporte, diversos aglutinantes, dispersantes, y activadores de adhesión, como friturita de vidrio, para formar un contacto de alta resistencia mecánica y promover la penetración a través de la capa anti-reflejos. El contenido de la tinta metálica debe ser ajustado para proporcionar la resolución necesaria, con buena adherencia y las propiedades electrónicas deseadas para las líneas de conducción (Curtis, y otros, 2001). Para grillas de contacto la optimización de los componentes de la tinta está enfocada en lograr altas tasas de deposición, alta resolución de línea, alta conductividad de las líneas impresas y contactos óhmicos con el sustrato de alta calidad. Estas tintas debieran ser de larga vida útil y almacenamiento, y ser adecuadas para la inyectora elegida.

Diversos grupos académicos e industriales trabajan en el desarrollo de estas tintas, usando diferentes enfoques. Se han estudiado distintos materiales, incluyendo metales fundidos, polímeros conductores, tintas basadas en precursores, como por ejemplo Parelec, el cual tiene una tinta basada en un precursor de plata, el que libera plata metálica al ser calentado (Nanomarkets, 2007), suspensiones de nano-partículas metálicas producidas por las empresas Coreanas ANP (Nanomarkets, 2007) y Cabot (Liu, Chuang, Chen, & Du) y tintas metálicas de descomposición orgánica (MOD) con y

⁴ Extraído del formulario de presentación para el FONDEF del proyecto.

sin adición de nano-partículas [(Curtis, Alleman, Perkins, Ginley, Kaydanova, & Miedaner, 2003) y (Curtis, y otros, 2001)]. Las nano-partículas metálicas en suspensión han captado gran interés en los últimos años debido a que pueden ser operadas a temperatura ambiente y tienen un mejor rendimiento en términos de conductividad (Lee, Chou, & Huang, 2005).

La viscosidad y la tensión superficial son las propiedades más importantes de las tintas en general (Curtis, Miedaner, Pasquarelli, Kadanova, Hersh, & Ginley, 2008). En éstas, el tamaño, la dispersión y la estabilidad de la nano-partícula metálica son cruciales para la conducción, debido a que el inyector de la impresora se obstruye con partículas de mayor tamaño o debido a la acumulación de nano-partículas. Además, las propiedades físicas de las nano-partículas metálicas, sin duda alguna, afectan el rendimiento del producto. Debido a su alta conductividad y estabilidad térmica, las suspensiones de nano-partículas de oro y plata han sido ampliamente usadas en estudios de conductividad de tintas. Algunos parámetros operacionales de estos estudios se listan en la tabla siguiente con propósitos de comparación (Lee, Chou, & Huang, 2005).

Tabla 5: Resumen de trabajos previos en tintas conductoras de nano-partículas metálicas

Partícula	Tamaño Partícula (nm)	Solvente	Conc. (wt%)	Condición de curación	Ancho de la línea (μm)	Espesor de la línea	ρ (Ω cm)
Ag	5 – 7	α - terpineol	10	100 – 300 °C (superficie caliente)	80	100	3 x 10 ⁻⁶
Au	2 – 4	Tolueno	30	300 – 400 °C (láser de curación)	20	50	1.4 x 10 ⁻⁵
Au	2 – 4	Tolueno	30 – 35	50 – 500 mW (láser de curación)	123	250	4.5 x 10 ⁻⁶
Au	2 – 5	Tolueno	30	200 – 1000 mW (láser de curación)	17	20 – 200	1.4 x 10 ⁻⁵
Au	5 – 20	Tolueno	30	300 °C	1000	600	1 x 10 ⁻⁵
Ag	1 – 10	Tolueno	30 – 35	300 °C	120	1000	3.5 x 10 ⁻⁵

Fuente: (Nanomarkets, 2007)

La producción de dispersiones acuosas que contienen nano-partículas de plata es realizada usualmente por reducción química de una sal de plata adecuada con agentes reductores tales como el sodio y borhidruro de potasio, citrato trisódico, hidracina, ácido ascórbico, hidrocarburos o hidrógeno gaseoso (Kamyshny, Ben-Moshe, Aviezer, & Magdassi, 2005). De esta forma es posible obtener nano-partículas de tamaño pequeño. Otra forma de producir nano-partículas de plata es mediante evaporación física de un hilo de plata, como lo realizan en el *Fraunhofer Institute for Manufacturing Technology and Applied Materials and Research* (Ludwigs, 2007).

4.4.2 Reemplazo de Nano-plata por Nano-cobre

Hasta hoy la mayor parte de los esfuerzos se ha orientado al desarrollo de tintas de inyección conductoras basadas en nano-plata, debido a que la plata es usada en pastas para serigrafías para la misma aplicación, y es un metal conductor y estable. Sin embargo, es un metal relativamente caro. El transformar este material en nano-partículas y formularlo en tintas sube su precio aún más. Un camino natural es reemplazar la nano-plata por nano-cobre, pues el cobre es mucho más barato y posee una muy alta conductividad (sólo 6% menos que la de la plata). De esta forma, en años recientes, la síntesis de nano-partículas de cobre ha cobrado gran interés tanto desde un punto de vista científico como industrial. Desde la década de los noventa, se han desarrollado diversos procesos para sintetizar nano-cobre utilizando química en solución, así como métodos de fase gaseosa o sólida. Entre éstos están los métodos sonoquímico, técnicas de micro emulsión, procesos con polialcoholes, métodos de radiación, reducción térmica, síntesis por reducción a la llama, síntesis con metal vaporizado, deposición de vapor en vacío y reducción química en solución (Grouchko & Kamyshny, 2010).

La síntesis de nano-partículas de cobre estables presenta un desafío adicional en relación a la de plata y oro, pues posee un bajo potencial redox $\text{Cu}(0)/\text{Cu}(\text{II})$ (+0.34 V).

Tabla 6: Trabajos sobre síntesis de nano-partículas de cobre

#	Solvente	Precursor Cu	Reductor	Estabilizador	Tamaño Partícula
1	Agua	CuSO ₄	Sodio borohidrato	SDS	2 – 10 nm
2	Agua + n – hexanol / ciclohexanol	CuCl ₂	Sodio borohidrato	TX – 100	5 – 15 nm
3	Agua + n – heptano, n – octano, n – hexano	CuCl ₂	Sodio borohidrato	HDEHP	40 – 80 nm
4	Isooctano	Cu(AOT) ₂	Hidracina	Na AOT	10 – 30 nm
5	Agua	CuCl ₂	Hidracina	CTAB	5 nm
6	Glicol etileno	CuSO ₄	Ácido ascórbico	PVP 40	100 nm (cubos)
7	Agua	Cu(NO ₃) ₂	Ácido ascórbico	PVP 58	3 nm
8	Glicol di – etileno	CuSO ₄	Sodio fosfinato	PVP 40	45 nm
9	Éter octil	Cu(acnc) ₂	1.2 - hexadecanediol	Ácido oleico, amina oleil	5 – 200 nm
10	Tolueno + agua	CuCl ₂	Sodio fosfinato	Ácido láurico - TOAB	3 nm
11	Glicol di – etileno	CuCl ₂	SFS	PVP	50 nm
12	Agua	Cu(NO ₃) ₂	Hidracina	PAA Na	20 – 100 nm

Fuente: (Nanomarkets, 2007)

Como se muestra en la Tabla anterior, escasos trabajos se han publicado a la fecha en relación a la forma de sintetizar nano-partículas de cobre mediante reducción química en solución (Grouchko & Kamyshny, 2010).

Desde el punto de vista de las aplicaciones en tintas, la presencia de óxidos de cobre en la superficie de las nano-partículas tiene dos consecuencias negativas: ella incrementa la temperatura de sinterización requerida y reduce la conductividad eléctrica.

Sólo un número limitado de trabajos han considerado el problema de la oxidación, los cuales en general están basados en minimizar la exposición de nano-partículas de cobre al oxígeno mediante el recubrimiento de la partícula con una capa protectora de un segundo material. Estas aproximaciones encarecen sustancialmente el proceso, haciendo que el cobre ya no sea un material noble de bajo costo. La película protectora puede consistir en un polímero orgánico, cadenas alcalinas, carbón amorfo o grafeno, o materiales inorgánicos tales como sílice o un metal inerte. Distintos reportes han mostrado que la impresión con tintas así formuladas puede formar patrones conductores que son estables a la oxidación por varios meses (Grouchko & Kamyshny, 2010). Esto abre nuevas posibilidades para su aplicación en celdas solares, e impresos electrónicos tales como las etiquetas de identificación por radiofrecuencia (RFID).

Mientras todas las compañías del sector trabajan en metalización basada en plata, algunos institutos de investigación están evaluando otros metales [(Curtis, y otros, 2001) y (Kamyshny, Ben-Moshe, Aviezer, & Magdassi, 2005)]. La mayoría de las compañías (y grupos de investigadores) que han anunciado tener soluciones con nano-cobre adecuadas especialmente para tintas de inyección, no han mostrado capacidades de proveer materiales viables comercialmente, en términos de precio de mercado, cantidades y tiempo razonable de producción. Más aún, al investigar cuidadosamente las compañías que han anunciado poder producir nano-cobre, ninguna presenta una solución compatible con las celdas solares (sistemas cobre-frita de vidrio). Adicionalmente, si se utiliza cobre para la metalización de celdas fotovoltaicas de silicio, se debe introducir una capa de algún otro material para prevenir la difusión del cobre en silicio, la cual afectaría negativamente la eficiencia de las celdas (Kamyshny, Ben-Moshe, Aviezer, & Magdassi, 2005).

4.4.3 Estado del Arte de la Teoría

En cuanto al estado del arte desde el punto de vista conceptual-teórico debemos distinguir dos aspectos:

- i. El estudio de nano-partículas de cobre recubiertas de plata.
- ii. La inhibición de la oxidación y migración del cobre hacia el sustrato de silicio.

El primer aspecto fue estudiado en “*Structural, vibrational and thermodynamic properties of Ag_nCu_{34-n} nanoparticles*” (Yildirim, Kara, & Rahman, 2009). La

conclusión general a que llegaron, por medio de un cálculo cuántico de primeros principios, es que existe una clara tendencia del cobre a ubicarse en el “interior” de la nano-partícula, con la plata en la “superficie” de ella. Estos resultados son muy prometedores, pero es necesario extenderlos a sistemas mucho más grandes que el estudiado, de tan sólo 34 átomos. La intención del CEDENNA es implementar cálculos, tanto de dinámica molecular como usando técnicas de Montecarlo, para estudiar sistemas de cientos de átomos que permita determinar el mínimo de concentración de plata que permita contener al cobre en el interior de la respectiva nano-partícula.

El segundo aspecto, vale decir la inhibición de la oxidación y migración del cobre hacia el sustrato de silicio, ha sido estudiado por el grupo del Profesor Bowler en Inglaterra y publicado bajo el título “*Ab initio study of subsurface diffusion of Cu on the H-passivated Si(001) surface*” (Bowler & Rodriguez-Prieto, 2009). Ellos determinaron que, dependiendo de su ubicación inicial, un átomo de cobre tiende a ubicarse en dos posiciones diferentes cercanas a la superficie. Si el átomo es depositado sobre la superficie se desplaza hacia un sitio intersticial de la red, en la tercera capa de silicio. En cambio, si el átomo proviene del interior del cuerpo de silicio se aproxima a la superficie para finalmente ubicarse en un sitio intersticial en la sexta capa de silicio.

En este contexto, la intención es llevar a cabo cálculos, tanto cuánticos como clásicos, que describan el comportamiento de átomos de cobre en silicio cuando se agrega un tercer elemento, como bismuto o titanio, que podrían ser efectivos como inhibidores de la dañina migración de los átomos de cobre.

En relación al proceso de síntesis, se ha demostrado que es posible sintetizar nano-partículas de cobre (Cu-NPs), incluyendo el uso de anfífilos a base de azufre, como tioles (Dong, 2006). De hecho, experimentos preliminares realizados en el laboratorio en el marco de esa aproximación, nos han permitido obtener Cu-NPs con una distribución de tamaño 10-40 nm. Sin embargo, reportes recientes indican que ese tipo de productos al ser tratados térmicamente pueden descomponer el tiol para formar sulfuro de cobre (Mott, Engelhard, Loukrakpam, & Chang, 2010). No obstante, dado que la formación de sulfuro depende de las condiciones en que se realice ese tratamiento, el proyecto tecnológico contempla estudios que verifiquen si las condiciones que se aplican, diferentes a las informadas, presentan el mismo inconveniente.

Por otra parte, recientemente ha sido también descrito un procedimiento para producir nano-partículas de metales nobles que evita el uso de solventes y tioles utilizando amino borano que actúa como reductor y, a la vez, como agente estabilizante (Kalidindi, Sanyal, & Jagirdar, 2010). Ello concuerda con resultados publicados el año pasado que indican que el uso de compuestos nitrogenados como agentes protectores de Cu-NPs, como poli(etilenimina) y tetraetilenpentamina (Pulkkinen, Shan, Leppänen,

Känsäkoski, Laiho, & Tenhu, 2009). Esa aproximación para obtener Cu NPs ha sido también verificada en los laboratorios del CEDENNA.

La propuesta del CEDENNA considera principalmente la utilización de surfactantes orgánicos como medio para formar y estabilizar las nano-partículas. Por ello, es probable que los experimentos de sinterización en condiciones controlada lleven a productos que tras el proceso de sinterización contengan carbono. Esa posibilidad puede ser interesante, ello por cuanto se ha informado que la presencia de grafeno en Cu-NPs obtenidas por reducción a la llama originaría suspensiones apropiadas para su uso en tintas para la impresión de superficies (Luechinger, Athanassiou, & Stara, 2008). Recientemente se ha propuesto una metodología, aún poco conocida, para la preparación de suspensiones estables de Cu-NPs, basada en la disgregación de polvos de cobre en líquidos iónicos (Kim, Kang, & Kang, 2009). Las bases existentes son lo suficientemente sólidas para, mediante la adecuación de métodos existentes y/o la creación de otros nuevos, obtener Cu-NPs que cumplan entre otros requerimientos con un tamaño y forma adecuados para suspensiones estable; estabilidad química, especialmente frente a la oxidación al aire en medio acuoso; velocidad de sedimentación y sinterización controlables; productos sinterizados con alta conductividad eléctrica; y producción escalable con el menor costo posible en materiales y procedimientos.

4.5 Características del Mercado para el Proyecto

Existe actualmente la necesidad de aumentar el uso de fuentes de energía renovables, dado los efectos ambientales del uso de combustibles fósiles ambientales (emisión de CO₂, polución en el aire, tierra y mar, problemas de salud, entre otros), sumado a efectos políticos dados por la distribución inequitativa de las fuentes de energía en el mundo y la falta de diversificación de la matriz energética en la actualidad. Frente a lo expuesto, se han realizado grandes esfuerzos a nivel global en el campo de energías renovables durante el último siglo.

Dentro de esta tendencia, los dispositivos fotovoltaicos han comenzado a jugar un rol como una fuente significativa de generación de nueva energía alternativa en algunos países. En general, el mercado fotovoltaico está constantemente creciendo, en términos de instalaciones e ingresos (ver los dos gráficos siguientes), con un crecimiento promedio en los últimos 30 años (1979-2009) de un 33%.

Gráfico 7: Crecimiento del mercado de paneles fotovoltaicos 2007-2012.

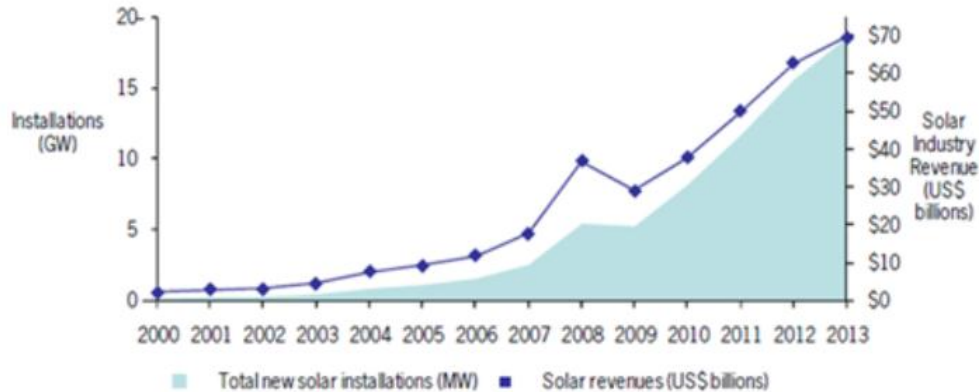
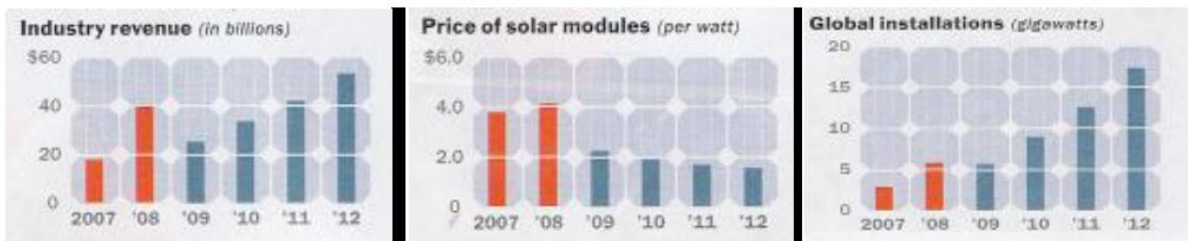


Gráfico 8: Evolución del mercado de generación de energía solar, 2007-2012 (izquierda – ingresos industria solar, centro – precios módulos solares; derecha – instalación solar global)



El mercado global de paneles fotovoltaicos alcanzó un tamaño récord de 7,3 Giga-Watts (GW) en el 2009, con un crecimiento del 20% respecto al año anterior y generando ventas globales por casi 40.000 millones de dólares.

Futuros pronósticos hablan de un crecimiento compuesto anual (CAGR) entre un 25 a un 50% en las instalaciones solares a nivel mundial desde el año 2011. Llevado por una fuerte recuperación de la demanda en Alemania y crecimiento en vías de expansión para Italia, Japón y EEUU.

Los paneles cristalinos de Silicio son usados en la mayoría de instalaciones y continuarán creciendo a través de los próximos años. Sin embargo, las instalaciones de *Thin Film* (TF), están creciendo también. Las instalaciones globales de TF han crecido sostenidamente durante los últimos tres años. El 2007 fue 11% de todos los envíos, el 2008 un 14% y el 2009 un 16%. Para el 2012, se predice un mercado de 252.000 millones de dólares, de los cuales los ingresos por módulos de Silicio se estiman en 66.500 millones de dólares. Los ingresos han aumentado anualmente (excepto para el 2009, en el que todas las industrias sufrieron una recesión).

Gráfico 9: Participaciones de mercado de paneles cristalinos de silicio a nivel mundial



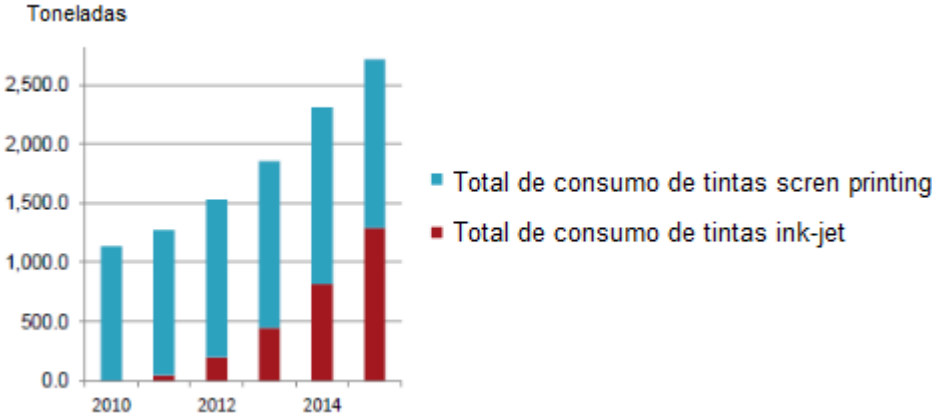
Fuente: Grupo AGC

La plata es el metal conductor preferido en el uso de tintas para impresión en la actualidad. La plata ha sido seleccionada debido a sus excelentes propiedades conductoras y de estabilidad química, pero es un metal caro. El cobre es muchas más barato y posee similares propiedades eléctricas pero baja estabilidad química, lo cual es un problema en el diseño de tinta (sólo 6% menos conductividad eléctrica que la plata).

Actualmente, el 100% de la plata usada en las celdas de silicio usa la tecnología de tintas *screen-print*. De acuerdo a *NanoMarkets Report*, el mercado para las tintas conductoras de plata se triplicará en los próximos años hasta alcanzar 1.200 millones de dólares en el 2012 y 2.400 millones de dólares en el 2015. Este pronóstico se traduce en una demanda de tintas de plata (con tecnología *ink-jet*) para energía solar de cerca de 1.270 toneladas para el 2015.

Los productores de equipamiento han comenzado a producir líneas de equipamiento para impresión *ink-jet* al mercado. Los productores esperan que en los próximos años cerca del 70% de nuevas instalaciones para metalización de celdas de Silicio sean líneas de no-contacto con impresoras *ink-jet*.

Gráfico 10: Consumo de tintas anual



Fuente: PV NanoCell

Los potenciales clientes son los productores de paneles solares, dentro de los cuales hay cientos en el mundo. Entre las compañías más importantes destacan:

Tabla 7: Productores de paneles solares

Compañía	País	Capacidad⁵ (MW)	Participación de Mercado (%)
Suntech	China	2,400	6
JA Solar	China	2,100	5.25
First Solar	U.S.	1,900	4.75
Yingli Solar	China	1,700	4.25
Hanwha Solar One	China	1,500	3.75
Trina Solar	China	1,500	3.75
Motech Solar	Taiwán	1,500	3.75
SolarWorld	Alemania	1,400	3.5
Q-Cells	Alemania	1,300	3.25
Gintech	Taiwán	1,300	3.25
Sharp	Japón	1,100	2.75
Canadian Solar	China	1,100	2.75
Sunpower	USA	1,000	2.5
LDK	China	1,000	2.5

Fuente: EnergyTrend

Como se puede observar, si bien existen competidores más importantes en la industria solar, esta es en general muy diversificada (hay sobre 100 empresas productoras de paneles solares), dando la oportunidad de negociar con varios posibles clientes. Es parte de la parte privada analizar y detectar los clientes más adecuados para vender las tintas.

⁵ Para el año 2011.

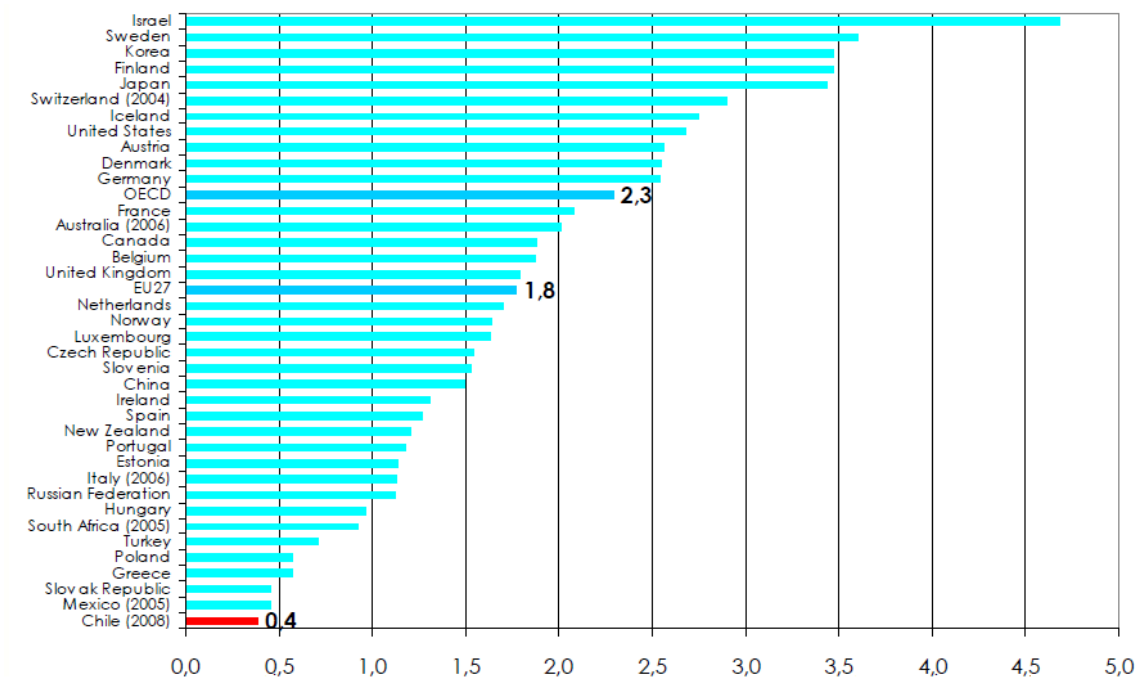
5. Marco Conceptual

5.1 La Tecnología y los Centros de Innovación

El desarrollo del conocimiento y la tecnología es fundamental en el mundo actual y clave para el desarrollo del país: “Los diferentes niveles de ingresos observados entre los países estarían asociados, más que a la acumulación de factores productivos, como capital y mano de obra, a la productividad de los mismos, aspectos relacionados ineludiblemente al progreso tecnológico” (Benavente, 2004). El tener un desarrollo constante y planificado puede traer grandes beneficio ya que la evidencia empírica confirma que uno de los principales determinantes del crecimiento económico es la innovación tecnológica, ya que rinde altos retornos sociales, gracias a las externalidades asociadas a su generación y uso (Benavente, 2004).

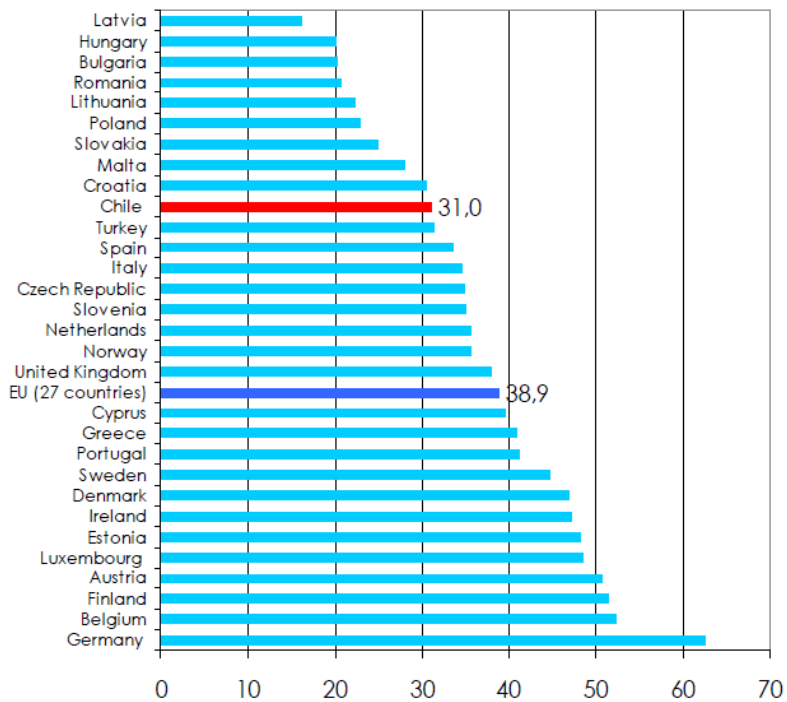
Es en este ámbito que los centros de conocimiento adquieren una gran importancia, siendo parte relevante de la agenda de innovación y competitividad: “Fortalecer centros o institutos tecnológicos con capacidad de transferencia, adaptación y difusión amplia de tecnología con antenas tecnológicas vinculadas a instituciones líderes mundiales y participación asociativa de los beneficiarios en los gobiernos corporativos.” (CNIC, 2010). Sin embargo, en Chile el gasto en innovación no ha sido el adecuado, como se muestra en las siguientes tablas:

Gráfico 11: Gasto en I+D (como % del PIB en 2007, excepto cuando se indica)



Fuente: MSTI, OECD y 6ta Encuesta de Innovación, 3era Encuesta de I+D y 1er Censo de Gasto Público en I+D

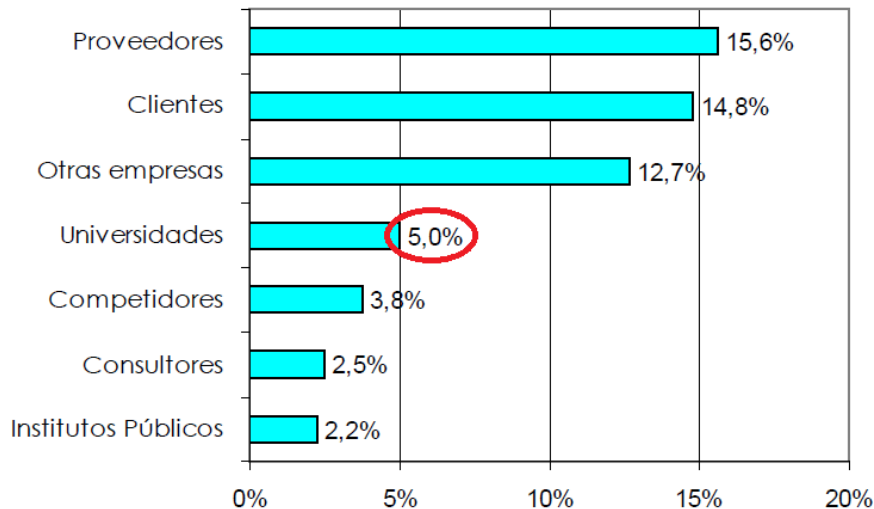
Gráfico 12: Tasa Innovación (% de empresas que realizan algún tipo de innovación sobre el total de empresas)



Fuente: Science, technology and innovation in Europe, Eurostat, edition 2009 y 6ta Encuesta de Innovación, 2009. Datos para Chile del año 2007-2008, para los otros países año 2006.

En ambas tablas se puede observar como Chile se encuentra, en promedio, bajo los niveles de gastos de I+D y tasa de innovación. Las estimaciones indican que la principal explicación para la ineficiencia en Latino América (medidas como un todo) ha sido la inadecuada colaboración entre el sector privado y la comunidad generadora de conocimiento (Lasagabaster, 2009). Esto se puede observar en la siguiente tabla:

Gráfico 13: Cooperación para innovar (% de las empresas que innova y que copera, lo hace con...)



Fuente: 6ta Encuesta de Innovación, 2009.

Uno de los puntos por lo que esto pasa es la dificultad que tienen los distintos centros de conocimientos para lograr valorar y traspasar su paquetes tecnológicos. Frente a ello, el rol que juega la Propiedad Intelectual adquiere gran importancia y la manera en que esta propiedad se maneja y traspasa es fundamental para que sus propietarios no sólo obtengan los beneficios de sus estudios, sino que sean capaces de lograr dar el difícil paso entre el conocimiento y el producto final. El lograr esto permitirá, además de conectar de mejor forma a los privados con los centros de conocimiento, asegurar el futuro desarrollo de otros conocimientos.

Como se verá más adelante, en la actualidad existen distintos métodos que son ocupados para valorar pero éstos no necesariamente abarcan todas las dimensiones que se requieren para llegar a un valor y, menos aún, da una guía sobre qué pasos seguir de acuerdo a la información y al tipo de tecnología que se ha desarrollado. Esto se debe, a que si bien en el proceso de innovación hay varios insumos de naturaleza monetaria que están involucrados, como el capital financiero y los recursos humanos, también hay otros que no son fácilmente medibles, como los científicos involucrados y el “*know how*” de los desarrolladores. Además, hay que considerar decisiones que

afectan el valor final, como lo es si el precio incluye capacitación, manuales, entre otras. Todo esto lleva a complicaciones a la hora de evaluar y ponerle precio a las tecnologías, lo que dificulta el paso del conocimiento a un producto desarrollado.

Es en esta relación, entre el centro de investigación y empresa, que este trabajo se encuentra inmerso, queriendo entregar herramientas al centro de investigación que le permitan tener una posición más clara y concisa a la hora de negociar, y con esto facilitar un proceso que, de no llegar a un acuerdo, puede dañar las relaciones entre el privado y el centro de investigación, lo que dificultaría las relaciones en posibles relaciones futuras, o en el peor de los casos, frustrar el traspaso tecnológico de la tecnología actual. En otras palabras, con el desarrollo de este trabajo se busca reducir en cierto nivel las dificultades típicas que se pueden presentar a la hora de traspasar una tecnología.

5.2 Métodos Actuales: Ventajas y Desventajas

5.2.1 Enfoque de Costo⁶:

Está basado en cubrir los costos de desarrollar y patentar un nuevo producto. Rara vez es usado, ya que generalmente el costo de desarrollar algo no está relacionado con el valor de cualquier propiedad intelectual que contiene.

Con este enfoque, hay que plantear las siguientes preguntas: ¿hemos reunido todos los costos directos hacia atrás, desde el principio del desarrollo? ¿Hemos sabido en algún momento definir el principio? ¿Incluimos el valor de todas las contribuciones hechas al proyecto por los productos, servicios, ideas, propiedad intelectual, y así sucesivamente, que fueron aportados sin costo registrado en el proyecto? ¿Hemos excluido los costos asociados con los esfuerzos de desarrollo que no están siendo ofrecidos a los concesionarios potenciales? ¿Hemos deducido los costos de "mal juicio" (que un programa razonable de I + D no debería haberse gastado)? ¿O ese tal "malgastado" costo debe ser reconocida como una parte natural de la I + D?".

⁶ Extraído de: (Potter, 2007); (Razgaitis, Pricing the Intellectual Property of Early-Stage Technologies: A primer of Basic Valuation Tools and Considerations, 2007).

5.2.2 Enfoque de Ingresos⁷:

Se lleva a cabo descontando los futuros ingresos por varios años. El inconveniente, es que puede no haber datos de ventas, mercado ni costos desde donde predecir los flujos futuros, haciendo difícil estimar los beneficios futuros. Es conveniente para las patentes, marcas registradas, derechos de autor y otras propiedades intelectuales que pueden crear un beneficio futuro, pero tiene la desventaja de no poder reflejar con precisión el valor de la tecnología que no genere un beneficio directo, pero que sin embargo si trae valor a la empresa.

5.2.3 Enfoque de Mercado⁸:

Requiere de encontrar una tecnología similar o comparable a la que va a ser evaluada, para encontrar suficiente datos sobre transacciones similares para llegar a un valor estimado.

Los aspectos positivos de este método son: los valores usados como base están basados en el mercado, no son requeridos cálculos profundos y uno tiene la confianza de estar en un rango de puntos creíbles y de confianza.

Los potenciales aspectos negativos son: la información publicada está inevitablemente fechada y dicha fecha puede tener un efecto material en el valor presente de un trato similar; la segmentación proveída por las encuestas es generalmente muy bruta (no especificada ni bien segmentada); el valor publicado normalmente no provee suficiente información sobre qué IP fue proveída, o determina su significancia o fortaleza; la base de *royalty* no siempre es definida explícitamente; la conexión entre la licencia y el tamaño y margen del mercado del comprador no siempre es conocida explícitamente; una variedad de rangos de *royalty* es reportada para cada clasificación, con no claros significados de porque algunas oportunidades tuvieron valuación más alta; usualmente no hay información sobre pagos adelantados o de las disposiciones del *due-diligence*, cosas que pueden ser componentes importantes en el valor; las licencias usualmente contienen otra provisiones que afectan directamente el valor total del trato y son reflejadas en la tasa de *royalty*; y por lo general las situaciones nunca son totalmente iguales, por lo cual uno hace una interpretación de la información disponible para aplicarla a la situación actual de uno.

⁷ Extraído de: (Potter, 2007); (Baek, Sul, Hong, & Kim, 2007).

⁸ Extraído de: (Potter, 2007); (Razgaitis, Pricing the Intellectual Property of Early-Stage Technologies: A primer of Basic Valuation Tools and Considerations, 2007).

5.2.4 Enfoque de Tasa de Royalty⁹:

Como el *royalty* da al inventor un retorno de las ventas del producto final, generalmente son usados para compartir el riesgo, y generalmente es acordada en base a tasas de pasadas tecnologías. Sin embargo, este enfoque no siempre resulta en una valuación de la tecnología en sí. Usualmente las tasas de *royalty* son acordadas de forma arbitraria, con poco o nada de relación al valor agregado que la tecnología da al producto. Por último, si el producto final reúne varias tecnologías, puede ser imposible para la empresa pagar *royalty* a cada uno de los proveedores de tecnología.

5.2.5 Enfoque de Exceso de Valor de Ingresos/Residual¹⁰:

Puede ser pensado como las ganancias que son aplicables a la tecnología, por encima de la rentabilidad que una empresa gana con todos los demás activos. Este enfoque ubica la valuación en todo el negocio más que en una sola tecnología. Este es apropiado sólo si la compañía tiene una plataforma tecnológica mayor y sus negocios están basados puramente en productos relacionados a esa tecnología. Usando un periodo de 5 o más años inmediatamente anteriores a la fecha de valuación, un porcentaje de retornos es asignado al valor promedio anual de activos tangibles usados en un negocio (deducido de las ganancias del negocio en el mismo periodo y el resto es considerado por las ganancias de los activos intangibles). La falla de este método es que asume que el exceso de ganancias sobre o bajo del retorno de activos tangibles están solamente atribuidos a los activos intangibles. Como hay muchas fuentes de incremento de beneficio, y como no puede ser juzgado como independientes entre sí, es muy difícil de extraer la cantidad aportada por la tecnología por sí sola.

5.2.6 Enfoque de Montecarlo¹¹:

La simulación de Montecarlo es una técnica que combina conceptos estadísticos (muestreo aleatorio) con la capacidad que tienen los ordenadores para generar números aleatorios y automatizar cálculos, y así, imitar el comportamiento aleatorio de sistemas reales no dinámicos. La clave de la simulación de Montecarlo consiste en crear un modelo matemático del sistema, proceso o actividad que se quiere analizar,

⁹ Extraído de: (Potter, 2007).

¹⁰ Extraído de: (Potter, 2007); (Baek, Sul, Hong, & Kim, 2007); (Anson, 2010).

¹¹ Extraído de: (Razgaitis, Pricing the Intellectual Property of Early-Stage Technologies: A primer of Basic Valuation Tools and Considerations, 2007); (Razgaitis, 2009).

identificando aquellas variables (inputs del modelo) cuyo comportamiento aleatorio determina el comportamiento global del sistema. Una vez identificados dichos inputs o variables aleatorias, se lleva a cabo un experimento consistente en primero generar (con ayuda del ordenador) muestras aleatorias para dichos inputs, y posteriormente analizar el comportamiento del sistema ante los valores generados. Tras repetir n veces este experimento, se dispone de n observaciones sobre el comportamiento del sistema, lo cual será de utilidad para entender el funcionamiento del mismo (obviamente, el análisis será tanto más preciso cuanto mayor sea el número n de experimentos que se lleve a cabo).

Así, esta herramienta funciona mediante la sustitución de ciertas celdas en una hoja de cálculo con un valor probabilístico en lugar de un sólo número. Entonces el modelo se ejecuta una y otra vez, cientos de veces, para desarrollar una distribución de los resultados.

Cada valor simple de celda en una hoja de cálculo puede ser sustituido por cualquiera de las distribuciones de probabilidad disponibles. Nunca hay una respuesta correcta. De hecho, una de las grandes potencias de esta metodología es que el modelo se puede ejecutar una y otra vez con el cambio de los supuestos para comprender mejor los supuestos clave que deben ser investigados con más detalle para reducir la incertidumbre general. De una manera similar, pero más potente, Montecarlo es una distribución de los posibles resultados de flujo de caja. Existen diversas distribuciones que pueden ser utilizadas, como la uniforme, la triangular, la normal y la log-normal.

Sin duda, Montecarlo es una herramienta que sirve para entender cómo interactúan las distintas variables y el efecto que tienen estas variables en el resultado final.

5.2.7 Enfoque de Opciones Reales¹²:

Las opciones reales se pueden utilizar para tomar riesgo, además de valorar una oportunidad etapa por etapa, de riesgo por riesgo, que es como se toman las decisiones y realizan inversiones en la vida real. Los métodos tradicionales de evaluación económica de proyectos, basados en la teoría financiera, como son el VAN y la Simulación de Montecarlo, se muestran incapaces de realizar una correcta evaluación de la mayoría de los proyectos de inversión, sometidos a condiciones de alta

¹² Extraído de: (Razgaitis, *Pricing the Intellectual Property of Early-Stage Technologies: A primer of Basic Valuation Tools and Considerations*, 2007); (Baek, Sul, Hong, & Kim, 2007); (Garrido Concha & Andalaft Chacur, 2003); (Dixit & Pindyck, 1995); (Trigeorgis, 1996); (Bailey & Sporleder, 2000).

incertidumbre, ya que no son capaces de capturar adecuadamente la flexibilidad intrínseca de los proyectos, en términos de revisar las decisiones en respuesta a los movimientos inesperados del Mercado. El uso de las opciones reales en las decisiones de inversión, tales como proyectos de investigación y desarrollo y transferencia de tecnología puede garantizar la flexibilidad frente a la incertidumbre futura en la toma de decisiones (opciones no se consideran como una obligación sino un derecho). Su desventaja es la dificultad de aplicar el modelo a una situación real debido a la complejidad del cálculo de las variables importantes.

La variación fundamental que experimenta la evaluación de proyectos de inversión mediante Opciones Reales con respecto a la realizada mediante los métodos tradicionales, es la incorporación de la incertidumbre como un elemento que agrega valor al proyecto. Esto debido a que cuando la flexibilidad que posee un proyecto es incorporada al análisis, siempre aumentará el valor del mismo, ya que para escenarios favorables se aprovecharán al máximo las oportunidades que se presenten, mientras que para escenarios desfavorables considerará la posibilidad de evitar o disminuir pérdidas.

En un proyecto de inversión, pueden presentarse distintas Opciones Reales. Entre ellas se pueden mencionar (a) la flexibilidad de esperar al momento de realizar la inversión inicial (Opción de Esperar), (b) abandonar permanentemente la construcción y no continuando con el programa de inversiones previsto (Opción de Abandonar), (c) contraer la escala del proyecto reduciendo un monto de inversión planificado previamente (Opción de Contraer), (d) expandir la escala del proyecto realizando una inversión adicional (Opción de Expandir) y (e) cambiar el uso del proyecto a su mejor uso alternativo, con un valor de salvamento específico (Opción de cambio a mejor uso alternativo).

Básicamente, lo que se quiere expresar con éste método y fórmula, es que una inversión es análoga a una opción de compra "call", donde el dueño de la opción tiene el derecho pero no la obligación de pagar un precio de ejercicio por una inversión.

Hay varios métodos, pero uno que se ocupa es un modelo alterado del de *Black – Scholes*. El valor de opción de compra (*call*) en el modelo original ha sido cambiado por el valor de la tecnología desde la perspectiva del comprador, el precio del activo subyacente en el valor presente de los retornos esperados de la tecnología, el precio de ejercicio en los importes de las inversiones necesarias para comercializar el tecnología, la volatilidad del activo subyacente en la volatilidad de los retornos esperados, y el plazo de vencimiento en el período de tiempo durante el cual la comercialización se puede intentar sin perder los derechos a la tecnología.

Imagen 8: Modelo alterado de Black - Scholes

$$V = N(d_1)S - N(d_2)Xe^{-rT}$$
$$d_1 = [\ln(S/X) + (r + 0.5\sigma^2)T] / \sigma\sqrt{T}$$
$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

V = valor de la tecnología desde la posición del comprador
S = valor presente de los retornos esperados provenientes de la tecnología
X = inversión adicional para comercializar
r = tasa libre de riesgo
T = período de tiempo para comercializar sin perder los derechos de la tecnología
N(d) = probabilidad normal acumulada de la variable unitaria normal d
 σ = volatilidad de los retornos esperados provenientes de la tecnología

En general, para muchos datos específicos, se pueden utilizar las referencias de mercado de tecnologías y productos parecidos.

5.2.8 Métodos Seleccionados

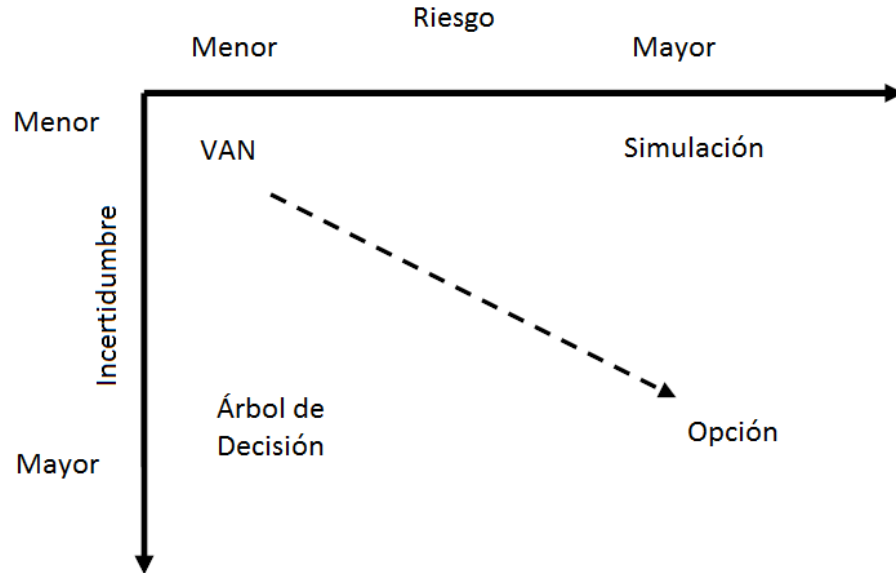
En definitiva, cada método será adecuado según cual sea la naturaleza y avance de la nueva tecnología. A continuación, una tabla con las ventajas y desventajas de cada método:

Tabla 8: Ventas y desventajas de los métodos estudiados

Método	Ventaja	Desventaja
Costos	Es el más simple de desarrollar si se tienen los datos de costos	Costo de desarrollar algo no está relacionado con el valor potencial
Ingresos	Modelo más conocido	Puede ser difícil conseguir los datos necesarios
Mercado	Permite una comparación y aproximación del problema, no requiriendo de cálculos profundos	No siempre hay una guía comparable de productos, habiendo diferencias en las características y fechas de evaluación
Tasa de <i>Royalty</i>	Permite Compartir Riesgo	No siempre es una valuación de la tecnología en sí y tiende a ser acordada de forma arbitraria
Exceso de valor	Ubica la valuación en todo el negocio más que en una sola tecnología	Asume que el exceso de ganancias sobre o bajo del retorno de activos tangibles están solamente atribuidos a los activos intangibles
Montecarlo	Permite estudiar las distintas variables, la interacción entre estas y sus efectos en la valuación final	La simulación no permite terminar un proyecto cuando se están dando flujos negativos (la simulación sigue corriendo, aunque se esté perdiendo mucho dinero)
Opciones Reales	Tiene el potencial de capturar el valor de la flexibilidad administrativa, ya que garantiza la flexibilidad frente a la incertidumbre futura en la toma de decisiones	Dificultad de aplicar el modelo a una situación real debido a la complejidad del cálculo de las variables importantes

Existen dos variables críticas a la hora de elegir los métodos para la valuación: riesgo e incertidumbre. El primero está referido a la variabilidad de los resultados; el segundo está referido a la variabilidad de la decisión. (Chen & Li, 2006).

Imagen 9: Determinando el método de valuación



Fuente: (Chen & Li, 2006)

Considerando los métodos estudiados (con sus ventajas y desventajas), el problema tecnológico a valorar, las necesidades del centro de investigación y la etapa inicial de desarrollo que se encuentra la tecnología, se puede establecer que:

- ✓ la incertidumbre es baja, ya que las variables a decidir son pocas; en particular, las decisiones a tomar son si se desarrolla el proyecto y si se construye la fábrica para producir las tintas.
- ✓ el riesgo es alto ya que dependiendo de cómo las distintas variables (como costos y tiempo de desarrollo) van variando, los resultados e ingresos del proyecto irán variando también.
- ✓ se puede contar con información, proveída por la empresa PV NanoCell, que permite estimar los costos de implementación si es que la tecnología se logra desarrollar.

En base a esto, los métodos seleccionados para llevar a cabo la valuación, con el fin de incorporar el riesgo y entender los distintos escenarios que pueden darse, son los siguientes:

1. Mercado: Método que usa una tecnología similar a la que se quiere valorar, lo que permite, debido a su similitud, proyectar transacciones. Para este caso en particular, los datos han sido proveídos por la empresa PV NanoCell, que con anterioridad ha desarrollado tintas en base a plata que son usadas con la tecnología *ink-jet*. Si bien el proyecto no es igual, el concepto es parecido, por lo

cual utilizar algunos datos de este proyecto puede ser muy útil para la valuación final.

2. Tasa de *Royalty*: Si bien no refleja el valor de la tecnología, si permite compartir el riesgo con la empresa privada y además asegura un porcentaje de las ventas si es que la tecnología es exitosa.
3. VAN: Método típicamente usado, que permitirá estimar el valor del proyecto a través de ir descontando los futuros ingresos por varios años. Si bien no es el mejor método para captar la incertidumbre inmersa en el proyecto, es un método universal y conocido y que permitirá entender las situaciones bases del proyecto.
4. Montecarlo: Es un modelo más avanzado que los anteriores que permitirá, a través de simulaciones, entender cómo afectan las distintas variables en el proyecto.

Haciendo uso de estos 4 métodos es posible obtener una valuación creíble y profunda de la tecnología, entendiendo como las distintas variables pueden influir en el proyecto y finalmente, lograr obtener el valor que esta tecnología tiene.

6. Metodología de Valuación

Para valorar la tecnología hay que realizar un levantamiento de información del caso (técnica, económica y financiera) a través de la recolección de información y la opinión de expertos. Realizar un estudio de mercado en el cual se recopile (en base a la información existente y a nueva que se necesite generar) datos de mercado, de costos, de inversión necesaria (activos complementarios), de propiedad intelectual entre otros.

Posteriormente, y con el fin de desarrollar una valuación que esté de acuerdo a las circunstancias particulares del caso (en donde hay incertidumbres diferentes a la de una valuación de proyecto típica), se hace necesario hacerse las siguientes preguntas que permitirán obtener una valuación no trivial:

Imagen 10: Preguntas relevantes para una valuación de una nueva tecnología

Tecnología	<ul style="list-style-type: none">• ¿La nueva tecnología va a poder ser desarrollada (cuan cierto es que funcionará)?• ¿Cuánto se demorará en desarrollar la nueva tecnología?• ¿Es esta tecnología no solo diferente sino que también mejor?
Financiamiento	<ul style="list-style-type: none">• ¿Se podrá conseguir financiamiento para algo que no se sabe si resultará?• ¿El financiamiento será el adecuado y suficiente?
Beneficios	<ul style="list-style-type: none">• Ciclo de vida: ¿Cuál será la duración en que la tecnología generará ingresos?• ¿Cuáles van a ser los ingresos (o ahorro de costos) derivados de la nueva tecnología?• ¿Con que probabilidad estos ingresos se van a cumplir?
Costos	<ul style="list-style-type: none">• ¿Cuáles van a ser los costos asociados al desarrollo de la innovación?• ¿Cuáles son los costos asociados al escalamiento de la innovación?• ¿Cuáles son las probabilidades de que estos costos sean mayores a los pronosticados? ¿Y en que porcentaje?
Mercado	<ul style="list-style-type: none">• ¿Qué necesidades satisface la invención?• ¿Cómo esta necesidad se cumple ahora?• ¿Cómo esta tecnología cambiaría el cómo el mercado actualmente siente la necesidad?• ¿Está el mercado ya establecido o hay que desarrollarlo?• ¿De qué tamaño es el mercado?• ¿Cuál será la tasa de captación?• ¿Cuanto me demorará en lograr esta captación?

Transferencia	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué incluirá el paquete tecnológico que se transferirá? • ¿El centro de Investigación podrá transferir correctamente?
Protección	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Es esta invención capaz de obtener una patente lo suficientemente amplia para protegerse (y no ser solo una variación menor de una tecnología existente)?
Redes de Apoyo	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Hay alguna institución que apoye y/o facilite el desarrollo de la investigación?
Investigador	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Está interesado en seguir y monitorear el desarrollo de la tecnología? • ¿Está relacionado con el mercado o el campo?
Inversiones	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuánto se necesitará en inversiones? • ¿Se necesitarán nuevas inversiones durante el desarrollo (para continuar investigación o para desarrollar nuevas aplicaciones)?
Negociación	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Tiene el centro de investigación las herramientas para negociar? • ¿Tiene el centro de investigación las personas adecuadas para negociar?

En base a estas preguntas se desarrollará el caso. Las preguntas realizadas anteriormente tiene naturalezas distintas, razón por lo cual se hace necesario realizar tanto un análisis cuantitativo y cualitativo.

Las preguntas que serán desarrolladas de forma cualitativas son aquellas que no pueden ser cuantificadas o afrontadas numéricamente, por ejemplo las relacionadas al

investigador, a la negociación y la protección. Para el enfoque cualitativo se explicará las características y/o experiencia del centro de investigación frente a la pregunta, poniendo énfasis en cómo el problema o dificultad es resuelta y/o afrontada.

Las preguntas que serán desarrolladas de forma cuantitativa serán aquellas que de alguna u otra forma podrá ser medida o enfrentada con métodos numéricos, por ejemplo: beneficios, costos e inversiones.

De igual forma, habrán algunas variables que serán tratadas de forma mixta, cualitativamente y cuantitativamente, como es el caso del mercado, que tiene variables más cualitativas (¿qué necesidades satisface la invención?) y otras más cuantitativas (¿de qué tamaño es el mercado?).

En base a la revisión bibliográfica, y como ha sido señalado anteriormente, se hará uso de cuatro métodos para afrontar el cálculo de los beneficios económicos potenciales de la nueva tecnología: el de mercado, tasa de *royalty*, el del VAN y el de Montecarlo.

Se realizará análisis de variables y simulación de variables para entender cómo distintos escenarios pueden afectar en los flujos futuros (y por ende en el valor de la tecnología). También se hará un análisis del valor agregado que se le dará a la empresa y cuánto de éste es capturado por el centro de investigación. Así, haciendo uso de estas herramientas, se busca obtener un precio justo para la nueva tecnología.

7. Aplicación y Resultados

7.1 La Tecnología

La plata es el metal conductor preferido en el uso de tintas para impresión en la actualidad. La plata ha sido seleccionada debido a sus excelentes propiedades conductoras y de estabilidad química, pero es un metal caro. El cobre es mucho más barato y posee similares propiedades eléctricas pero baja estabilidad química, lo cual es un problema en el diseño de tinta (sólo 6% menos conductividad eléctrica que la plata). Así, se estima que se podrá tener un ahorro del 30%.

Para responder la pregunta de cuánto se demorará en desarrollar la nueva tecnología se utilizará como referencia la experiencia de PV NanoCell en el desarrollo de una tecnología similar (tintas de nano-partículas en base plata). Así, para la evaluación se considerará un horizonte de 10 años, en la cual la investigación, desarrollo y transferencia inicial tomará 2 años, para luego realizar las actividades de

escalamiento tecnológico, estimada en 18 a 24 meses: formulación de la tinta, optimización de la eficiencia de la celda, prueba de desempeño de la tinta, estabilidad del patrón de impresión, escalamiento del proceso productivo y caracterización completa del producto.

Estos tiempos se basan en la experiencia que tuvo PV NanoCell en el desarrollo de una tecnología similar, así como de la experiencia acumulada de los investigadores.

7.2 Variables No Medibles

7.2.1 Protección

Durante la etapa de transferencia tecnológica del proyecto, la Universidad de Santiago, Universidad de Chile y la Sociedad de Desarrollo Tecnológico, entregarán todos los antecedentes necesarios para la protección de la propiedad intelectual que consistirá en una patente de invención para el producto tintas de nano-partículas base cobre con aplicación en la impresión de celdas solares y circuitos electrónicos; y una patente de invención para el proceso de fabricación de tintas de nano-partículas base cobre con aplicación en la impresión de celdas solares y circuitos electrónicos.

En particular, para que exista una mejor organización y se asegure el correcto proceso de patentamiento, se utilizará la siguiente estructura:

Nombre Resultado: Patente de invención de encapsulado cu-ag.

Objetivo Asociado: Reducir la difusión de cobre en silicio.

Resultado Asociado: Informe sobre la estabilidad de cobre encapsulado en plata.

Categoría: Patente.

Ámbito: En el Extranjero.

Descripción: El encapsulado Cu-Ag podrá contribuir a la obtención de una patente de invención de producto y/o procedimiento. Por su concepción este resultado será novedoso, tendrá nivel inventivo y será susceptible de aplicación industrial. La empresa PV NanoCell realizará *benchmarking* de los resultados con respecto a los que dispone para la plata determinando ventajas y desventajas en los atributos relevantes. Se evaluará técnica, legal y económicamente la conveniencia de patentar.

Nombre Resultado: Patente de invención de sistema ajustado a dopante.

Objetivo Asociado: Reducir la difusión de cobre en silicio.

Resultado Asociado: Informe sobre la difusión del cobre en silicio.

Categoría: Patente.

Ámbito: En el Extranjero.

Descripción: Patente invención de producto y/o procedimiento del (o los) sistema(s) Cu-Si-X más apropiados. Por su concepción este resultado será novedoso, tendrá nivel inventivo y será susceptible de aplicación industrial. La empresa PV NanoCell realizará *benchmarking* de los resultados con respecto a los que dispone para la plata determinando ventajas y desventajas en los atributos relevantes. Se evaluará técnica, legal y económicamente la conveniencia de patentar.

Nombre Resultado: Patente de invención de nano-partículas de cobre estables a la oxidación.

Objetivo Asociado: Obtención de fases puras de nano-partículas de tamaño controlado resistentes a la oxidación.

Resultado Asociado: Preparación de nano-partículas de cobre estables a la oxidación.

Categoría: Patente.

Ámbito: En el Extranjero.

Descripción: Patente de invención de producto y/o procedimiento de nano-partículas de cobre estables a la oxidación. Por su concepción este resultado será novedoso, tendrá nivel inventivo y será susceptible de aplicación industrial. La empresa PV NanoCell realizará *benchmarking* de los resultados con respecto a los que dispone para la plata determinando ventajas y desventajas en los atributos relevantes. Se evaluará técnica, legal y económicamente la conveniencia de patentar.

Nombre Resultado: Patente de invención de nano-partículas con mejores propiedades para tintas.

Objetivo Asociado: Formulación de suspensiones de nano-partículas de cobre estables a la floculación y obtención de películas por sinterización.

Resultado Asociado: Nano-partículas con mejores propiedades para formulación de tintas.

Categoría: Patente.

Ámbito: En el Extranjero.

Descripción: Patente de invención de producto y/o procedimiento de nano-partículas con mejores propiedades para tintas. Por su concepción este resultado será novedoso, tendrá nivel inventivo y será susceptible de aplicación industrial. La empresa PV NanoCell realizará *benchmarking* de los resultados con respecto a los que dispone para la plata determinando ventajas y desventajas en los atributos relevantes. Se evaluará técnica, legal y económicamente la conveniencia de patentar.

Nombre Resultado: Patente nps de cu resistentes a la oxidación por recubrimiento metálico.

Objetivo Asociado: Proteger nano-partículas de cobre frente a la oxidación mediante recubrimientos metálicos y *doping*.

Resultado Asociado: Nano-partículas de cobre resistentes a la oxidación por recubrimiento metálico.

Categoría: Patente.

Ámbito: En el Extranjero.

Descripción: Patente de invención de producto y/o procedimiento de nano-partículas de Cu resistentes a la oxidación por recubrimiento metálico. Por su concepción este resultado será novedoso, tendrá nivel inventivo y será susceptible de aplicación industrial. La empresa PV NanoCell realizará *benchmarking* de los resultados con respecto a los que dispone para la plata determinando ventajas y desventajas en los atributos relevantes. Se evaluará técnica, legal y económicamente la conveniencia de patentar.

7.2.2 Transferencia

El proyecto contempla entregar una licencia exclusiva a PV NanoCell¹³, con el fin que desarrolle el negocio productivo. El paquete incluye la patente de invención por el producto y por el proceso de producción de tintas de nano-partículas de base cobre. En particular, se plantea la siguiente distribución de patentes:

Nombre Resultado: Licenciamiento de patente encapsulado cu-ag.

Objetivo Asociado: Reducir la difusión de cobre en silicio.

Resultado Asociado: Informe sobre la estabilidad de cobre encapsulado en plata.

Categoría: Licenciamiento.

Nombre Resultado: Licenciamiento patente sistema ajustado a dopante.

Objetivo Asociado: Reducir la difusión de cobre en silicio.

Resultado Asociado: Informe sobre la difusión del cobre en silicio.

Categoría: Licenciamiento.

Nombre Resultado: Licenciamiento de patente de nano-partículas de cobre estables a la oxidación.

Objetivo Asociado: Obtención de fases puras de nano-partículas de tamaño controlado resistentes a la oxidación.

Resultado Asociado: Preparación de nano-partículas de cobre estables a la oxidación.

Categoría: Licenciamiento.

Nombre Resultado: Licenciamiento de patente de nano-partículas con mejores propiedades para tintas.

Objetivo Asociado: Formulación de suspensiones de nano-partículas de cobre estables a la floculación y obtención de películas por sinterización.

¹³ Debido al apoyo que dará al proyecto, la empresa tendrá la primera opción para obtener la licencia. Sin embargo, puede darse la situación de que esta opción no se materialice o que la licencia sea vendida a más de una empresa.

Resultado Asociado: Nano-partículas con mejores propiedades para formulación de tintas.

Categoría: Licenciamiento.

Nombre Resultado: Licencia patente nps de cu resistentes a la oxidación por recubrimiento metálico.

Objetivo Asociado: Proteger nano-partículas de cobre frente a la oxidación mediante recubrimientos metálicos y doping.

Resultado Asociado: Nano-partículas de cobre resistentes a la oxidación por recubrimiento metálico.

Categoría: Licenciamiento.

Nombre Resultado: Implementación de los resultados en el diseño de productos comerciales.

Objetivo Asociado: Protección transferencia de resultados.

Resultado Asociado: *Benchmarking* de resultados.

Categoría: Línea de Negocios en la Empresa.

Además, el proyecto cuenta con dos expertos en transferencia tecnológica:

Tabla 9: Expertos en transferencia tecnológica

Nombre	Institución / empresa	Cargo en el proyecto	Función en el proyecto	Experiencia
Edgardo Santibáñez	USACH	Profesional de Transferencia Tecnológica	Asesoría para la transferencia tecnológica	Director Proyecto de investigación y transferencia tecnológica; Dirección de tesis de magíster y licenciados; 14 publicaciones; Apoyo a gestación de 3 <i>spin off</i> de Codelco; Fundador de 2 empresas de base tecnológica; Director del departamento de proyectos Fondef y del programa de TT de Fondef; Evaluador de proyecto Mcesup, Innova Corfo y Conicyt
Mario Silberman	Independiente	Profesional de Transferencia Tecnológica	Asesoría para la transferencia tecnológica	Embajador de Chile en Rusia; Gerente de empresas de Corfo; Asesor de empresas de base tecnológica

7.2.3 Redes de Apoyo

Si bien ya se menciona anteriormente los actores que involucrados en el proyecto, en esta parte se establece claramente cual es la red de apoyo con la que se cuenta y mencionar el rol que tendrá tanto la parte universitaria (Universidad de Chile y USACH) como la empresa privada.

Universidad de Santiago: Es la institución responsable del proyecto y su rol consistirá principalmente en:

- Dirigir el proyecto de acuerdo a las mejores prácticas.
- Realizar la investigación y desarrollo correspondiente a la reducción de la difusión de cobre en Silicio.
- Participar en la investigación de obtención de fases puras de nano-partículas de tamaño controlado resistentes a la oxidación.
- Realizar la gestión de la protección y transferencia de resultados en coordinación con la Universidad de Chile y la empresa PV NanoCell.

- Mediante un subcontrato con Technion realizar la I+D correspondiente a la protección de nano-partículas de cobre frente a la oxidación mediante recubrimientos metálicos.

Universidad de Chile: Le corresponderá el desarrollo y dirección de las actividades de investigación correspondientes a:

- (i) la obtención de fases puras de nano-partículas de tamaño controlado resistentes a la oxidación.
- (ii) la formulación de suspensiones de nano-partículas de cobre estables a la floculación y obtención de películas por sinterización.

PV NanoCell: Contribuirá a la investigación con el establecimiento de las especificaciones materiales, la caracterización de partículas usando técnicas industriales, la comparación de los resultados de cada grupo de investigación con los que la empresa ha obtenido para la plata como un punto de *benchmark*, además de la implementación de los resultados y *know how* en el diseño de productos comerciales de formulación de la tinta.

SDT Ltda.: Contribuirá con el apoyo a la gestión de más alto nivel del proyecto, así como con recursos frescos para su desarrollo.

7.2.4 Investigador

El grupo investigador estará compuesto por expertos en distintas materias, que cuentan con basta experiencia en otros estudios, lo que aumenta la probabilidad de éxito del proyecto. La estructura del grupo de investigación es de la siguiente forma:

Imagen 11: Grupo de investigación

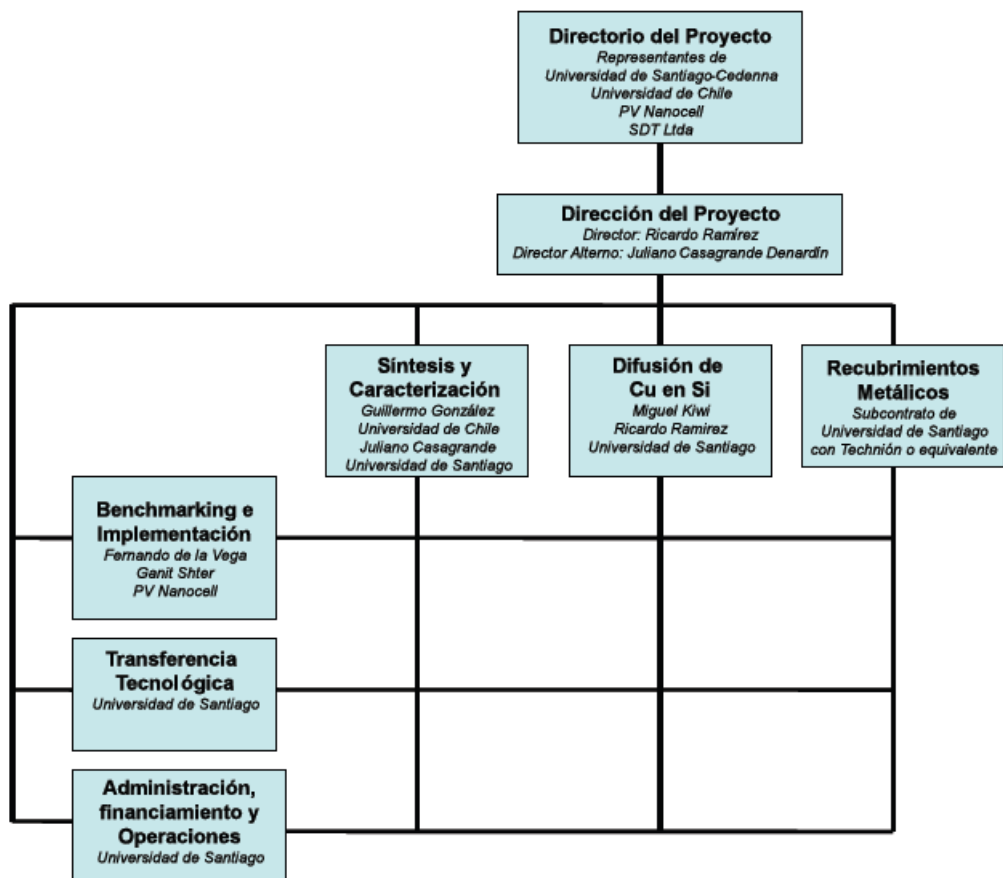


Tabla 10: Grupo de investigación y sus funciones

Nombre	Institución / empresa	Cargo en el proyecto	Funciones y capacidades críticas que aporta al proyecto
Dora Altbir Drullinsky	USACH	Investigador principal	Experiencia en cálculos y medición de conductividad eléctrica
Miguel Kiwi	USACH	Investigador principal	Experiencia en teoría de materia condensada y cálculos de primeros principios
Guillermo González	U. de Chile	Investigador principal	Experiencia en nano-química, síntesis y caracterización especies nano-estructuradas
Juliano Denardin	USACH	Director alterno	Síntesis y caracterización de nano-partículas de cobre
Fernando de la Vega	PV NanoCell	<i>Project Manager</i> en PV NanoCell	Lidera y gestiona los esfuerzos de R&D en PV NanoCell
Griselda García	USACH	Investigador asistente	Experiencia en simulaciones computacionales en teoría de la materia condensada
José Mejía	USACH	Investigador asistente	Experiencia en simulaciones computacionales en teoría de la materia condensada
Ricardo Ramírez	USACH	Director general	Experiencia en teoría de la materia condensada y cálculos de primeros principios
María A. Santa Ana	U. de Chile	Investigador asociado	Experiencia en medición de propiedades eléctricas y electroquímicas
Eglantina Benavente	U. de Chile	Investigador asociado	Experiencia en síntesis y propiedades de nano-materiales híbridos

Tabla 11: Experiencia Investigadores principales y directores

Nombre	Cargo	Título / grado	Experiencia
Ricardo Ramírez	Director general	PhD e Ingeniero Civil Eléctrico	Director de Proyecto I+D Fondecyt; Decano Facultad de Física PUC; Director Instituto de Física PUC; 91 publicaciones ISI; Dirección de tesis de doctorado, magíster y licenciado
Juliano Denardin	Director alterno	Dr. En Ciencias con mención en Física	Director de proyectos Fondecyt; Investigador principal de proyecto Basal y Núcleo Milenio; 50 publicaciones ISE; Dirección de tesis de doctorados, magíster y licenciado
Miguel Kiwi	Investigador principal	PhD Física e Ingeniero Civil Mecánico	Director de proyectos de I+D Fondecyt; 117 publicaciones ISI; Dirección de tesis de doctorado, magíster y licenciado. Premio Nacional de Ciencias Exactas 2007
Guillermo González	Investigador principal	Dr. Rer. Nat. y lic. en Química	Directo de proyectos de I+D Fondecyt; 115 publicaciones ISI, publicación de un libro y varios capítulos; Dirección de tesis de doctorado, magíster y licenciado
Dora Altbir Drullinsky	Investigador principal	Dr. En Ciencias Exactas mención Física y Magíster licenciada en Física	Directora de proyectos de I+D, Fondecyt, Mecsup y Núcleo Milenio; Directora del CEDENNA, 67 publicaciones ISI, 1 solicitud de patente; Dirección de tesis de doctorado, magíster y licenciado
Fernando de la Vega	<i>Project Manager</i> en PV NanoCell	Dr. Química	Director de proyectos de I+D empresariales y de vinculación universidad - empresa; Fundador y co-dueño de PV NanoCell: Co-autor de 10 publicaciones, co-inventor de 16 patentes en nano-tecnología, co-autor del libro " <i>The Chemistry of Ink-jet Inks</i> "

Queda claro que la gente involucrada en el proyecto está altamente relacionada al desarrollo de nuevas tecnologías, además de con un alto compromiso hacia los proyectos de I+D.

7.2.5 Negociación

Tanto la Universidad de Chile como la Universidad de Santiago cuentan con vasta experiencia en el desarrollo, patentamiento y negociación de nuevas tecnologías. Es por esto, que se cuenta con las herramientas y personas adecuadas y experimentadas que asesoren a la hora de llevar a cabo la negociación con la parte privada.

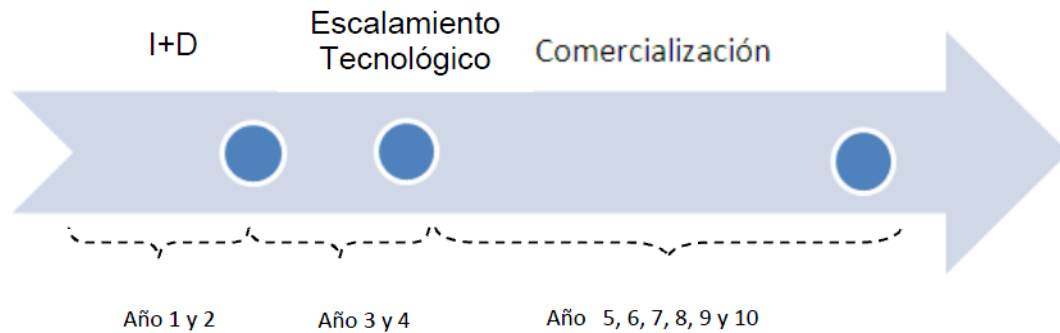
Para que la negociación tenga éxito es fundamental que ambas partes comprendan que beneficios pueden obtener. En este sentido, se hace fundamental dar a entender a la parte privada los ahorros en costos potenciales que derivarán del tener un mayor margen de precio, lo que permitirá mayores ingresos para la empresa o mayor flexibilidad para competir por precio, logrando que la empresa tenga una ventaja competitiva importante.

7.3 Ciclo de Vida del Proyecto

Para la evaluación se considerará un horizonte de 10 años, en la cual la investigación, desarrollo y transferencia inicial tomará 2 años, para luego realizar las actividades de escalamiento tecnológico, estimada en 18 a 24 meses.

Luego, se pasa a la fase de comercialización internacional a través de la empresa privada que considera 6 años adicionales, teniendo en cuenta la potencial obsolescencia de esta tecnología, dado la velocidad de cambio que está teniendo la industria de celdas solares fotovoltaicas en el mundo. Además, se debe considerar que la mayor parte de la industria ya tiene inversiones en activo fijo en la tecnología antigua que se irá reemplazando de manera gradual con la tecnología *ink-jet* una vez que se amortice la inversión. En la siguiente figura, se indica el horizonte de evaluación propuesto, mediante un diagrama:

Imagen 12: Horizonte de valuación del proyecto



7.4 Tasa de Adopción

Se considera una curva de adopción similar a la que presenta la introducción de productos innovadores al mercado indicada por Geoffrey Moore (Moore, 1991), la que considera que en un inicio son los adoptadores tempranos los que se interesan en el producto, que corresponden a menos del 5% del mercado, que a su vez sirven como clientes referenciales a aquellos clientes que desean mejorar su posición competitiva pero con alguna garantía de la validez de la tecnología, denominados mayoría temprana (para ver detalle ver Anexo 4).

Se considera un horizonte de evaluación de 10 años para el proyecto, que considera también la I&D desarrollada durante los 2 primeros años, 2 años de transferencia tecnológica, para luego continuar con la comercialización durante los siguientes 6 años. La curva de adopción considera tanto el gran tamaño de mercado como además que PV NanoCell tiene desarrollos en el área de impresión *ink-jet*, particularmente en el área de nano-partículas de base plata, por lo que cuenta con una importante ventaja competitiva.

A continuación, se muestra la curva de adopción considerada para el mercado de tintas de nano-partículas base cobre:

Gráfico 14: Curva de adopción para tintas con nano-partículas base cobre

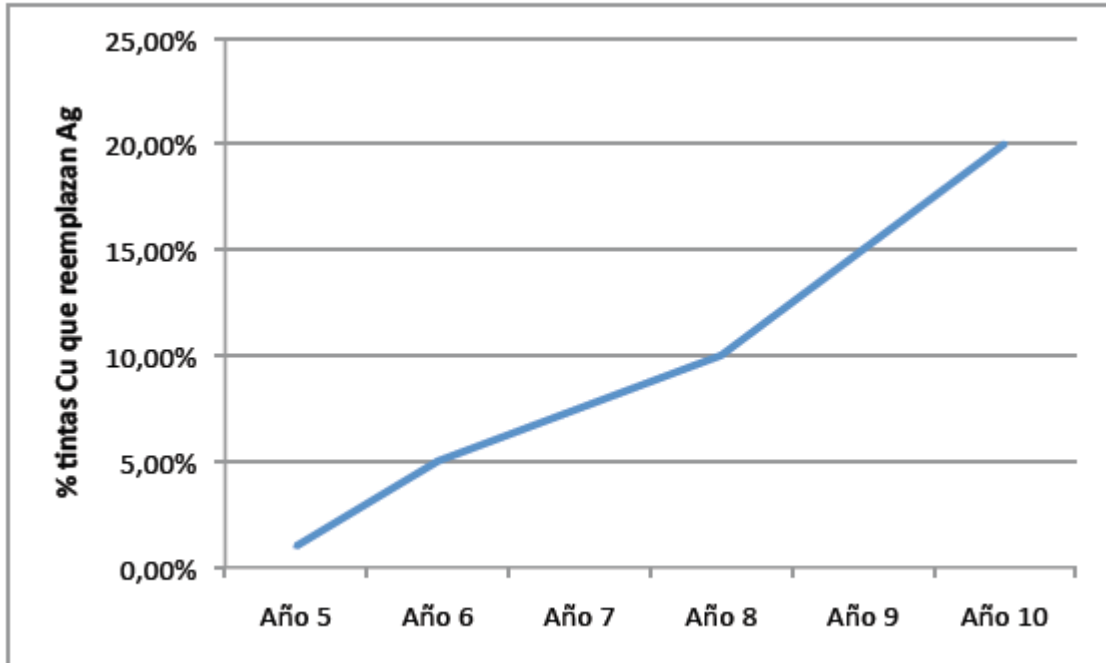


Tabla 12: Porcentaje del mercado de tintas en base plata que se reemplazan con tintas de base cobre.

Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
					1%	5%	8%	10%	15%	20%

Esta tasa de adopción esta basada (además de la curva de Moore) en la experiencia que han tenido tanto el centro de investigación como la empresa PV NanoCell con otras tecnologías similares que se han llegado a desarrollar. Sin duda que la tasa de adopción puede ser menor (o mayor) a la planteada en esta parte, razón por lo cual toma importancia entender como el vender más o menos afecta en el proyecto (dicho análisis es realizado más adelante).

Además, lograr esta tasa de adopción no solo depende de que la tecnología se logre desarrollar de forma eficiente, sino además de todo un trabajo de escalamiento, producción e ingreso al mercado que, en distintas medidas, deben ser realizados por la empresa privada y el centro de investigación.

7.5 Datos

7.5.1 Financiamiento

El financiamiento necesario para llevar a cabo las investigaciones es:

Tabla 13: Financiamiento necesario

Institución	Cantidad	Unidad
FONDEF	419.339	MM\$

7.5.2 Inversión Inicial

Para llevar a cabo el proyecto, es necesario que la empresa privada construya una fábrica que permita producir las nano-tintas a escala. En base a la información entregada por la empresa PV NanoCell, para los volúmenes de tintas esperados producir, la inversión necesaria en la fábrica es de:

Tabla 14: Inversión privada

Inversión Privada	Unidad	Año 4
Planta de producción de tintas de nano-plata	MM US\$	2.50
Planta de producción de tintas de nano-plata	MM \$	1250

Inicialmente el centro de investigación no debe realizar ninguna inversión, ya que a través de los aportes de las distintas partes, y con las instalaciones que tiene disponible, cubre todos los aspectos necesarios. Sin embargo, de no conseguir financiamiento, esta situación podría cambiar.

7.5.3 Otros

Tabla 15: Otros datos necesarios para el flujo de caja

Descripción	Cantidad	Unidad
Tipo de cambio Largo Plazo ¹⁴	500	pesos por dólar
Costo promedio de cobre sin procesar (largo plazo) ¹⁵	7	dólares/kilo
Consumo anual proyectado de Ag para módulos de silicona (2015)	1270	ton de plata
Mercado proyectado para uso de Ag en celdas fotovoltaicas (2015)	2400	millones de dólares
Precio Proyectado 2015 ¹⁶	1.89	dólares/gr de Ag
Crecimiento promedio de paneles fotovoltaicos con nueva tecnología	30	%
Delta de precio entre tintas de plata y cobre ¹⁷	30	%
Pago inicial (<i>downpayment</i>) para licenciamiento ¹⁸	80	millones de \$
<i>Royalty</i> por licenciamiento ¹⁹	3.5	% sobre ventas
Tasa de Descuento	10	%

Se hace relevante destacar que se ocupa una tasa de descuento del 10% ya que es la que es establecida para las postulaciones de FONDEF. Sin embargo hay inversores o empresas que pueden exigir una tasa mayor a esta, razón por la cual más adelante se hace un análisis de sensibilidad del proyecto frente a distintas tasas de descuento.

¹⁴ En la encuesta Mensual de expectativas económicas realizada por el Banco Central de Chile, el tipo de cambio a largo plazo es \$520. Sin embargo, se prefiere usar un tipo de cambio en 500 para ser más conservador (a mayor tipo de cambio, mejor será el VAN del proyecto).

¹⁵ Para la elaboración de la ley de presupuesto del sector público del año 2012, se estableció el precio a largo plazo del cobre en 0.302 US\$/lb. Usando este dato, se obtiene que el valor del cobre sería de 6.66 US\$/kg, pero con el fin de ser más conservador, se ocupa el dato 7 US\$/kg (a mayor precio del cobre, mayores son los costos de insumo).

¹⁶ Se obtiene de dividir el mercado proyectado al año 2015 por el consumo proyectado al año 2015.

¹⁷ Ahorro estimado por los investigadores.

¹⁸ Más adelante se explicará por que se ocupa este monto.

¹⁹ Más adelante se explicará por que se establece esta tasa.

7.5.4 Mercado

Tabla 16: Mercado proyectado

Curva de crecimiento de Tintas de Ag para Ink-Jet	Unidad	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Mercado total de Ag para paneles fotovoltaicos ²⁰	Ton. de Ag	1,270.00	1,651.00	2,146.30	2,790.19	3,627.25	4,715.42	6,130.05
Delta de crecimiento del mercado	Ton. de Ag		381.00	495.30	643.89	837.06	1,088.17	1,414.63
Porcentaje de crecimiento de tintas Ag ²¹	%		15%	20%	30%	40%	50%	70%
Mercado total de Ag para tintas de <i>ink-jet</i>	Ton. de Ag		57.15	99.06	193.17	334.82	544.09	990.24
Porcentaje de tintas de Ag que se remplazan con tintas Cu	%		1%	5%	8%	10%	15%	20%
Mercado total de Cu para tintas de <i>ink-jet</i>	Ton. de Cu		0.57	4.95	14.49	33.48	81.61	198.05

7.5.5 Depreciación

De acuerdo a la “Nueva Tabla de Vida Útil” fijada por el Servicio de Impuestos Internos para bienes físicos del activo inmovilizado, según Resolución N°43, de 26-12-2002, con vigencia a partir del 01-01-2003, los “Edificios fábricas de material sólido albañilería de ladrillo, de concreto armado y estructura metálica” tienen un vida útil de 40 años. (SII)

Así, la depreciación queda:

Tabla 17: Depreciación fábrica

Años Depreciación Fábrica	40
---------------------------	----

	Unidad	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Depreciación	MM US\$	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Depreciación	MM \$	31.25	31.25	31.25	31.25	31.25	31.25

²⁰ Se considera un crecimiento del 30% anual.

²¹ Proyecciones entregadas por PV NanoCell.

7.5.6 Capital de Trabajo

Con el fin de garantizar el funcionamiento normal del proyecto y que siempre haya efectivo disponible, se consideran para el capital de trabajo 2 meses de los costos y gastos de administración del año siguiente²². Los dos meses son suficientes, considerando que hay un plazo de pago a proveedores de 3 meses, asegurando así, que el ciclo de venta no se vea interrumpido por falta de liquidez en caja, ya que el dinero gastado es recuperado antes de que se cumpla 4 meses (considerando procesamiento de materiales, fabricación de las tintas y la venta de estas).

Tabla 18: Capital de trabajo privado

Inversión en Capital de Trabajo	Unidad	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9
Capital de Trabajo	MM US\$	0.16	0.92	2.57	5.87	14.22	34.44
Capital de Trabajo	MM \$	78.77	459.03	1,286.53	2,935.07	7,112.31	17,217.60

Tabla 19: Capital de trabajo centro de investigación

Inversión en Capital de Trabajo	Unidad	Año 0
Capital de Trabajo	MM \$	40

7.5.7 Ingresos Privados

Como se indica anteriormente, el precio proyectado es de 1.89 US\$ /gr. Considerando que sólo se produce un remplazo (y no mayores ventas), se puede establecer que este remplazo será debido a que hay un precio menor de venta. Para la valuación se considerará que el precio de venta será un 10% menor.

Tabla 20: Precio

Precio Proyectado	1.89 US\$ / gr
Precio a Cobrar	1.70 US\$ / gr

²² Al ver el flujo de caja, se podrá observar que el capital de trabajo es muy alto en comparación al flujo de cada año, esto ya que la mayoría es explicado por los costos de producción. Haciendo uso de 2 meses se puede garantizar el normal flujo de dinero a través del proyecto.

Tabla 21: Ingresos por ventas

	Unidad	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingreso por ventas ²³	MM US\$	0.97	8.42	24.64	56.95	138.81	336.84
Ingreso por ventas	MM \$	486.00	4,212.00	12,320.10	28,473.12	69,403.23	168,418.50

7.5.8 Ingresos Centro de Investigación

Los ingresos del centro de investigación son el pago inicial (que se realiza el año 1) y el porcentaje de las ventas (como se menciona anteriormente, el *royalty* establecido es de 3,5 %):

Tabla 22: Ingresos centro de investigación

	Unidad	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingreso por <i>Royalty</i>	MM US\$	0	0.16	0	0	0	0.03	0.29	0.86	1.99	4.86	11.79
Ingreso por <i>Royalty</i>	MM \$	0	80	0	0	0	17.01	147.42	431.20	996.56	2,429.11	5,894.65

7.5.9 Salidas Privadas

Tabla 23: Costos fijos privados

Costos Fijo	Unidad	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Sueldos	MM US\$	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Servicios y Seguros	MM US\$	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Total	MM US\$	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Total	MM \$	175	175	175	175	175	175

²³ Se obtiene de multiplicar el precio por el mercado.

Tabla 24: Costos variables privados

Costos Variables	Unidad	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Costo Producción tintas de cobre ²⁴	MM US\$	0.39	3.37	9.86	22.78	55.52	134.73
Costo de insumos (cobre)	MM US\$	0.004	0.03	0.10	0.23	0.57	1.39
Costo de insumos (otros) ²⁵	MM US\$	0.01	0.07	0.20	0.47	1.14	2.77
Comisión por Ventas ²⁶	MM US\$	0.05	0.42	1.23	2.85	6.94	16.84
Total	MM US\$	0.45	3.89	11.39	26.33	64.18	155.74
Total	MM \$	224.70	1,947.41	5,696.16	13,164.47	32,088.39	77,867.83

Tabla 25: GAV privados

Gastos de administración, ventas y comercialización	Unidad	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Contribución Gastos de Adm. y Ventas	MM US\$	0.15	1.26	3.70	8.54	20.82	50.53
Contribución Gastos de Adm. y Ventas	MM \$	72.90	631.80	1,848.02	4,270.97	10,410.48	25,262.78

7.5.10 Salidas Centro de Investigación

Tabla 26: GAV centro de investigación

Gastos de administración, ventas y comercialización	Unidad	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Gastos de gestión del licenciamiento	MM US\$	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Gastos de gestión del licenciamiento	MM \$	50	50	50	50	50	50

Tabla 27: Costos fijos centro de investigación

Costos Fijo	Unidad	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Sueldos	MM \$	80	80	80	80

²⁴ Se consideran el 40% de las ventas (dato entregado por PV NanoCell).

²⁵ Se consideran el doble de los costos del cobre (dato entregado por PV NanoCell).

²⁶ Se considera el 5% de las ventas.

7.6 Flujo de Caja Privado

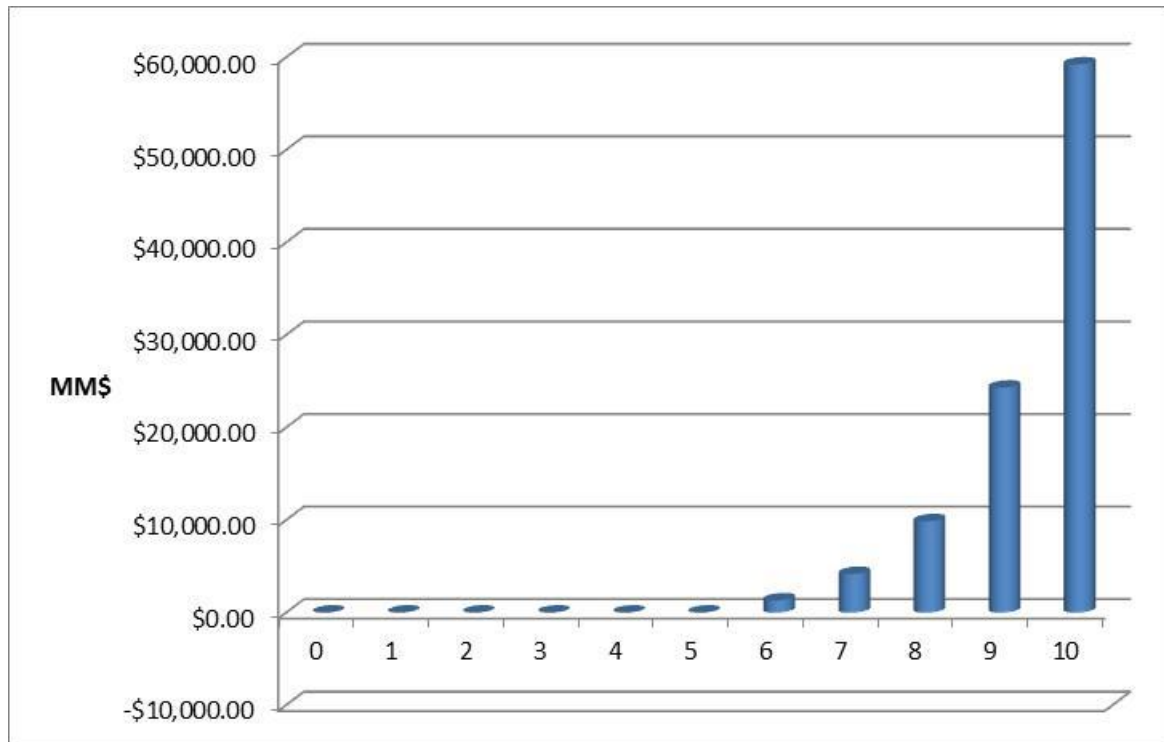
Tabla 28: Flujo de caja privado

Unidades en millones de pesos	Año										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INGRESOS											
Ventas	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$486.00	\$4,212.00	\$12,320.10	\$28,473.12	\$69,403.23	\$168,418.50
Ingresos totales	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$486.00	\$4,212.00	\$12,320.10	\$28,473.12	\$69,403.23	\$168,418.50
EGRESOS											
Costos fijos	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$175.00	-\$175.00	-\$175.00	-\$175.00	-\$175.00	-\$175.00
Costos Variables	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$224.70	-\$1,947.41	-\$5,696.16	-\$13,164.47	-\$32,088.39	-\$77,867.83
Gastos de administración, ventas y comercialización	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$72.90	-\$631.80	-\$1,848.02	-\$4,270.97	-\$10,410.48	-\$25,262.78
Royalties	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$17.01	-\$147.42	-\$431.20	-\$996.56	-\$2,429.11	-\$5,894.65
Egresos totales	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$489.61	-\$2,901.63	-\$8,150.38	-\$18,607.00	-\$45,102.99	-\$109,200.25
Flujo de caja operacional	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$3.61	\$1,310.37	\$4,169.72	\$9,866.12	\$24,300.24	\$59,218.25
Depreciación y amortización	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$31.25	-\$31.25	-\$31.25	-\$31.25	-\$31.25	-\$31.25
Utilidades ejercicio	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$34.86	\$1,279.12	\$4,138.47	\$9,834.87	\$24,268.99	\$59,187.00
Pérdida acumulada	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$34.86	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Base tributaria	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$34.86	\$1,244.26	\$4,138.47	\$9,834.87	\$24,268.99	\$59,187.00
Impuesto a las utilidades (17%)	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$211.52	-\$703.54	-\$1,671.93	-\$4,125.73	-\$10,061.79
Utilidad después de impuesto	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$34.86	\$1,067.60	\$3,434.93	\$8,162.95	\$20,143.26	\$49,125.21
Más depreciación y amortización	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$3.61	\$1,098.85	\$3,466.18	\$8,194.20	\$20,174.51	\$49,156.46
INVERSIONES											
Inversión en equipos e instalaciones y otros	-\$40.22	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$1,250.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Down Payment	\$0.00	-\$80.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Capital de trabajo	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$78.77	-\$459.03	-\$1,286.53	-\$2,935.07	-\$7,112.31	-\$17,217.60	\$29,089.32
Valor residual	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$1,062.50
FLUJO DE CAJA NETO	-\$40.22	-\$80.00	\$0.00	\$0.00	-\$1,328.77	-\$462.65	-\$187.68	\$531.11	\$1,081.88	\$2,956.91	\$79,308.28

Tabla 29: VAN y TIR privado

VAN	MM\$ 31,194.32
TIR	82%

Gráfico 15: Flujo operacional privado por año



Como se puede observar, los mayores ingresos son en los últimos años. ¿Pero que pasa en los años siguientes al año 10? Este trabajo considera una situación en que en el año 10 se llega al *peak* de ingresos, para posteriormente empesar a declinar las ventas (debido al ingreso de tecnologías más eficientes y baratas). El como este declive de las ventas evoluciones dependerá en gran medida de las tecnologías que se desarrollen y en como éstas ingresen al mercado.

Aún considerando que el declive de las ventas después del año 10 sean muy fuertes, los ingresos deberían provocar que el VAN fuera aún mayor, haciendo que el proyecto sea incluso más atractivo. Sin embargo considerando que para modelar este declive se necesitan variables externas al proyecto (y que aún no son conocidas), se plantea una situación negativa en que a partir del año 11 no hay beneficios (aunque debe quedar claramente explicito en las negociaciones que la valuación considera una situación tan pesimista como ésta).

7.7 Flujo de Caja Centro de Investigación

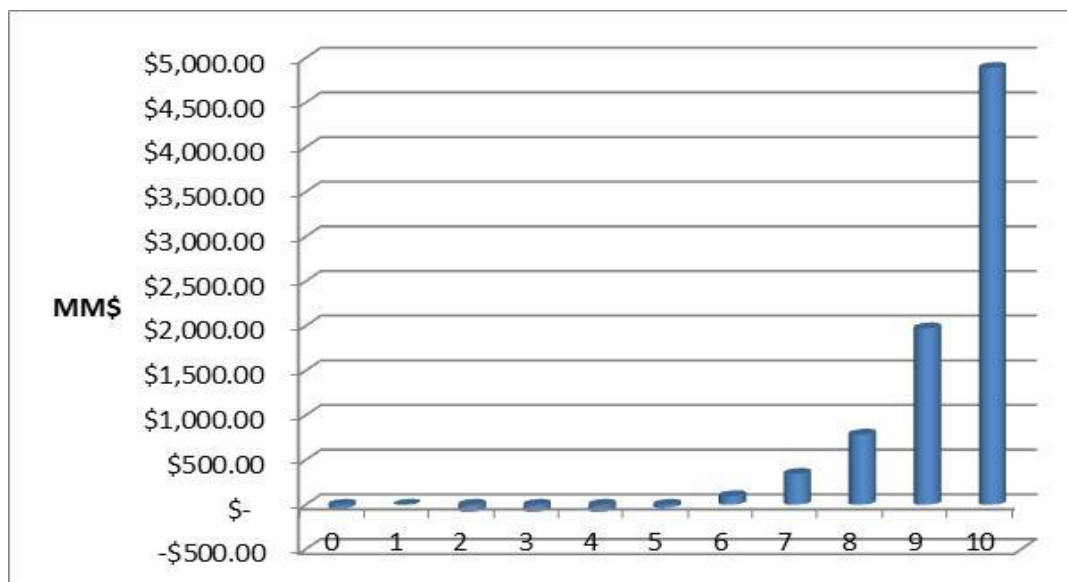
Tabla 30: Flujo de caja centro de investigación

Unidades en millones de pesos	Año										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INGRESOS											
Ingresos por <i>royalty</i>	\$0.00	\$80.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$17.01	\$147.42	\$431.20	\$996.56	\$2,429.11	\$5,894.65
Ingresos totales	\$0.00	\$80.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$17.01	\$147.42	\$431.20	\$996.56	\$2,429.11	\$5,894.65
EGRESOS											
Costos fijos	\$0.00	-\$80.00	-\$80.00	-\$80.00	-\$80.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Gastos de administración, ventas y comercialización	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$50.00	-\$50.00	-\$50.00	-\$50.00	-\$50.00	-\$50.00
Egresos totales	\$0.00	-\$80.00	-\$80.00	-\$80.00	-\$80.00	-\$50.00	-\$50.00	-\$50.00	-\$50.00	-\$50.00	-\$50.00
Flujo de caja operacional	\$0.00	\$0.00	-\$80.00	-\$80.00	-\$80.00	-\$32.99	\$97.42	\$381.20	\$946.56	\$2,379.11	\$5,844.65
Utilidades ejercicio	\$0.00	\$0.00	-\$80.00	-\$80.00	-\$80.00	-\$32.99	\$97.42	\$381.20	\$946.56	\$2,379.11	\$5,844.65
Pérdida acumulada	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$80.00	-\$160.00	-\$240.00	-\$272.99	-\$175.57	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Base tributaria	\$0.00	\$0.00	-\$80.00	-\$160.00	-\$240.00	-\$272.99	-\$175.57	\$205.63	\$946.56	\$2,379.11	\$5,844.65
Impuesto a las utilidades (17%)	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$34.96	-\$160.92	-\$404.45	-\$993.59
Utilidad después de impuesto	\$0.00	\$0.00	-\$80.00	-\$80.00	-\$80.00	-\$32.99	\$97.42	\$346.25	\$785.64	\$1,974.66	\$4,851.06
INVERSIONES											
Inversión en equipos e instalaciones	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Capital de trabajo	-\$40.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$40.00
Valor residual	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
FLUJO DE CAJA NETO	-\$40.00	\$0.00	-\$80.00	-\$80.00	-\$80.00	-\$32.99	\$97.42	\$346.25	\$785.64	\$1,974.66	\$4,891.06

Tabla 31: VAN y TIR centro de investigación

VAN	MM\$ 3,081.00
TIR	61%

Gráfico 16: Flujo de caja neto por año de centro de investigación



7.8 Flujo de Caja Privado Sin Proyecto

Para el flujo de caja privado sin proyecto hay que considerar que se venden las mismas unidades, pero en vez de vender tintas de nano-cobre, se venden las de nano-plata. Para el caso se usan los siguientes datos:

- Precio de venta corresponde a 1,89 US\$/gr de Ag.
- No hay gastos de inversión (esos ya se hicieron para el proyecto en particular).
- No hay pago inicial ni pagos de *royalty*.
- Se consideran un costo de producción y materiales mayor (el supuesto anterior establecía que hay un ahorro del 30%, por lo que sin proyecto, este ahorro no es efectivo).

Tabla 32: Flujo de caja privado sin proyecto

Unidades en millones de pesos	Año										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INGRESOS											
Ventas de tintas	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$540.00	\$4,680.00	\$13,689.00	\$31,636.80	\$77,114.70	\$187,131.67
Ingresos totales	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$540.00	\$4,680.00	\$13,689.00	\$31,636.80	\$77,114.70	\$187,131.67
EGRESOS											
Costos fijos	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$175.00	-\$175.00	-\$175.00	-\$175.00	-\$175.00	-\$175.00
Costos Variables	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$344.14	-\$2,982.58	-\$8,724.05	-\$20,162.25	-\$49,145.47	-\$119,259.68
Gastos de administración, ventas y comercialización	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$81.00	-\$702.00	-\$2,053.35	-\$4,745.52	-\$11,567.21	-\$28,069.75
Royalties	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Egresos totales	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$600.14	-\$3,859.58	-\$10,952.40	-\$25,082.77	-\$60,887.68	-\$147,504.43
Flujo de caja operacional	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$60.14	\$820.42	\$2,736.60	\$6,554.03	\$16,227.02	\$39,627.24
Depreciación y amortización	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Utilidades ejercicio	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$60.14	\$820.42	\$2,736.60	\$6,554.03	\$16,227.02	\$39,627.24
Pérdida acumulada	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$60.14	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Base tributaria	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$60.14	\$760.28	\$2,736.60	\$6,554.03	\$16,227.02	\$39,627.24
Impuesto a las utilidades (17%)	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$129.25	-\$465.22	-\$1,114.19	-\$2,758.59	-\$6,736.63
Utilidad después de impuesto	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$60.14	\$691.17	\$2,271.38	\$5,439.85	\$13,468.43	\$32,890.61
Más depreciación y amortización	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$60.14	\$691.17	\$2,271.38	\$5,439.85	\$13,468.43	\$32,890.61
INVERSIONES											
Inversión en equipos e instalaciones y otros	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Down Payment	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Capital de trabajo	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$100.02	-\$643.26	-\$1,825.40	-\$4,180.46	-\$10,147.95	-\$24,584.07	\$41,481.17
Valor residual	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
FLUJO DE CAJA NETO	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$100.02	-\$703.41	-\$1,134.23	-\$1,909.08	-\$4,708.10	-\$11,115.64	\$74,371.77

Tabla 33: VAN privado sin proyecto

VAN **MM\$** **19,638.08**

7.9 Precio a Cobrar

Como se menciona anteriormente, el precio a cobrar es de un pago inicial de 80 millones de pesos y una tasa de 3,5%.

Primero se explicará porque se seleccionó un pago inicial de 80 millones de pesos. Al hacer un análisis de los VAN a diferentes pagos iniciales, los datos son los siguientes:

Tabla 34: VAN para distintos pagos iniciales

Pago Inicial (\$MM)	VAN Privado (\$MM)	VAN CI (\$MM)
20	MM\$ 31,248.87	MM\$ 3,031.69
40	MM\$ 31,230.69	MM\$ 3,048.12
60	MM\$ 31,212.50	MM\$ 3,064.56
80	MM\$ 31,194.32	MM\$ 3,081.00
100	MM\$ 31,176.14	MM\$ 3,096.09
120	MM\$ 31,157.96	MM\$ 3,111.18

Se puede observar que la variación de VAN a distintos pagos iniciales no es mucha para el rango de pagos iniciales establecido (difícilmente la empresa va a hacer un pago mayor por un proyecto con tarta incertidumbre, recordando que el pago se hace con la tecnología aún siendo desarrollada). En base a lo expuesto, no es tan relevante el precio inicial sino que, como se verá a continuación, la tasa de *royalty* seleccionada toma una mayor importancia a la hora de capturar el valor.

Con esta información, y considerando que igualmente hay que hacer un pago inicial, se hace el análisis de la variación del VAN del centro de investigación para distintos pagos iniciales, considerando sólo los 2 primeros años (que corresponden a los de I+D).

Tabla 35: VAN de primeros dos años para el centro de investigación para distintos pagos iniciales

Pago Inicial (\$MM)	VAN CI (\$MM)
0	- MM\$ 178.84
20	- MM\$ 160.66
40	- MM\$ 142.48
60	- MM\$ 124.30
80	- MM\$ 106.12
100	- MM\$ 87.93
120	- MM\$ 69.75

Se puede observar que con un pago inicial de 80 millones de pesos, el riesgo de pérdidas se reduce en una cantidad importante y a la vez, no resulta ser un pago alto que pueda intimidar, debido a la alta incertidumbre, al sector privado.

Para justificar la tasa de *royalty*, primero se hace necesario tener como referencia las tasas cobradas en el mercado:

Tabla 36: Datos de rango de tasas de *royalty* cobradas por industria

Industria	Rango de Tasa de <i>Royalty</i> Acordado						
	0% - 2%	2% - 5%	5% - 10%	10% - 15%	15% - 20%	20% - 25%	> 25%
Aeroespacial		40%	55%	5%			
Automóviles	35%	45%	20%				
Química	18%	57%	24%	1%		0%	
Computadores	43%	58%					
Electrónica		50%	45%	5%			
Energía		50%	15%	10%		25%	
Alimentos	13%	63%	25%				
Manufactura general	21%	52%	20%	3%	1%	1%	3%
Gobierno / universidad	8%	39%	36%	16%	0%	1%	
Equipamiento de salud	10%	10%	80%				
Farmacéutica	1%	21%	67%	9%	1%	1%	0%
Tele-comunicaciones				100%			
Otros	11%	41%	29%	16%	1%	1%	1%

Fuente: (Razgaitis, 2007)

En base a esto, si bien no es exacto, se puede hacer un paralelo con las industrias químicas, de energía y si se quisiera, con la industria otros. Al observar estas tres industrias se puede observar que la mayoría de las tasas se encuentran en un rango de tasas entre un 2 y un 5%. En base a esto, se puede deducir que el *royalty* a cobrar debería estar entre este rango.

Adicionalmente, haciendo un análisis de la variación del VAN para distintas tasas de *royalty*, se puede obtener los siguientes datos:

Tabla 37: VAN para distintas tasas de royalty

Royalty	VAN Privado	VAN Agregado	VAN CI	Valor Capturado
1.0%	MM\$ 33,614.94	MM\$ 13,976.87	MM\$ 657.61	4.7%
1.5%	MM\$ 33,130.82	MM\$ 13,492.74	MM\$ 1,142.61	8.5%
2.0%	MM\$ 32,646.69	MM\$ 13,008.62	MM\$ 1,627.62	12.5%
2.5%	MM\$ 32,162.57	MM\$ 12,524.49	MM\$ 2,112.34	16.9%
3.0%	MM\$ 31,678.45	MM\$ 12,040.37	MM\$ 2,596.67	21.6%
3.5%	MM\$ 31,194.32	MM\$ 11,556.25	MM\$ 3,081.00	26.7%
4.0%	MM\$ 30,710.20	MM\$ 11,072.12	MM\$ 3,565.33	32.2%
4.5%	MM\$ 30,226.07	MM\$ 10,588.00	MM\$ 4,049.66	38.2%
5.0%	MM\$ 29,741.95	MM\$ 10,103.87	MM\$ 4,533.98	44.9%

En donde el “VAN agregado” corresponde a la diferencia entre el VAN privado con proyecto y VAN sin proyecto y el “Valor Capturado” corresponde a la división entre el VAN CI y el VAN Agregado.

Esta tabla permite observar que con una tasa de 3.5%, que corresponde a una tasa intermedia dentro del rango, se logra capturar un porcentaje importante del valor agregado que da el proyecto a la empresa privada.

7.10 Montecarlo

7.10.1 Desarrollo

Para el análisis, que es hecho para el VAN privado, se consideraron 5 variables no controlables (aleatorias):

1. Ventas
2. Precio
3. Costos de Producción
4. Otros Costos
5. Tipo de Cambio

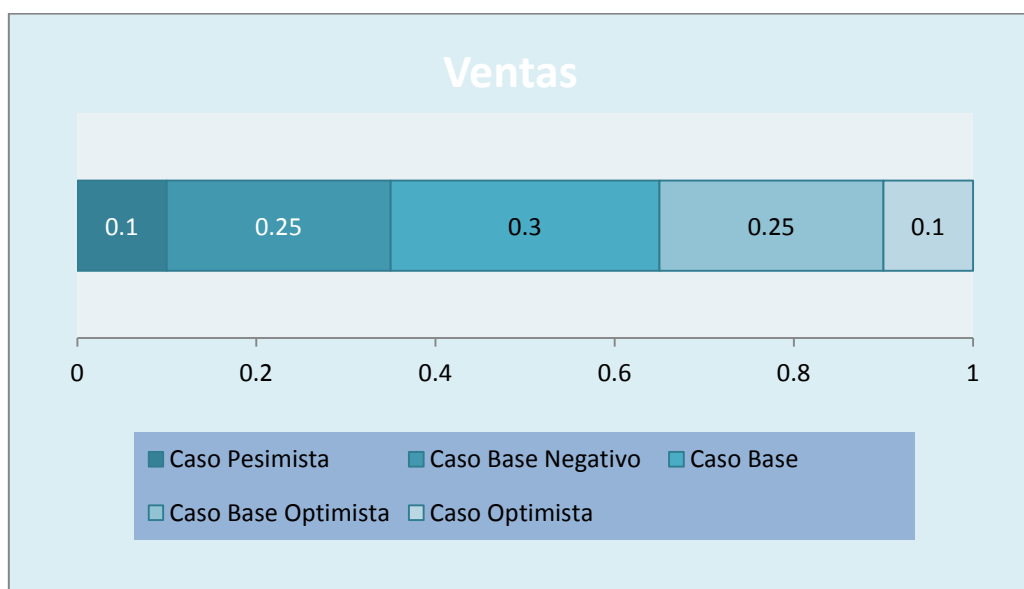
Para cada una de estas variables se asignó 5 casos o escenarios (caso pesimista, caso base negativo, caso base, caso base positivo y caso optimista).

Así, por ejemplo:

Tabla 38: Probabilidad y datos para distintos casos de unidades vendidas

	Probabilidad Acumulada	% unidades vendidas	Probabilidad Suceso
Caso Pesimista	0.1	0.8	0.1
Caso Base Negativo	0.35	0.9	0.25
Caso Base	0.65	1	0.3
Caso Base Optimista	0.9	1.1	0.25
Caso Optimista	1	1.2	0.1

Imagen 13: Probabilidad acumulada para ventas



Para las ventas, se consideró que con un 30% de probabilidad se van a vender el 100% de las unidades presupuestadas. Para el caso pesimista, se plantea que se venden sólo un 80% de las unidades presupuestadas y se le asigna una probabilidad de 10% a que ocurra este caso. Se puede observar que la esperanza es de 1 (es decir, de que se vendan el 100% de las unidades presupuestadas). Estos casos se realizan para los 5 variables mencionadas anteriormente.

Adicionalmente, se hace el uso de situaciones. Para este caso se hace uso de 5 situaciones: pesimista (que considera una situación negativa de las 5 variables), base negativo, base (que corresponde al usado en el cálculo de flujo de caja), base positiva y optimista. Cada situación cuenta con las cinco variables, que a la vez tienen sus respectivos casos. La idea de las situaciones es que la esperanza de las variables va

cambiando. Así, para la situación base todas las esperanzas son iguales al valor que se asigna en el flujo de caja estudiado anteriormente. En cambio, para la situación pesimista, la esperanza es menor al valor que se asigna en el flujo de caja estudiado anteriormente. Por ejemplo:

Tabla 39: Probabilidad y datos para situación pesimista de unidades vendidas

	Probabilidad Acumulada	% unidades vendidas	Probabilidad Suceso
Caso Pesimista	0.1	0.52	0.1
Caso Base Negativo	0.35	0.64	0.25
Caso Base	0.65	0.76	0.3
Caso Base Optimista	0.9	0.88	0.25
Caso Optimista	1	1	0.1

En esta situación (que es la pesimista), el caso optimista considera que se venden el 100% de lo presupuestado, y que esto ocurre con un 10% de probabilidad. Si se saca la esperanza, esta tiene un valor de 0.76, es decir, que en promedio se espera que se venda sólo un 76% de lo presupuestado.

La idea es que distintas situaciones reflejen distintas contingencias. Por ejemplo, el caso base considera que se cumplan las proyecciones hechas. El caso pesimista sería una situación que haya una recesión importante, provocando una desaceleración de las ventas, sumado, a que por distintas razones, los costos son más altos y el tipo de cambio más bajo.

A continuación, se muestran las probabilidades ocupadas para las distintas variables en distintas situaciones:

Tabla 40: Probabilidades de las variables aleatorias para distintas situaciones

Situación	Ventas		Precio Venta		Costos Producción e Insumos		Otros Costos		Tipo de Cambio	
	% unid. ventas	Prob. Suceso	Precio	Prob. Suceso	% Costos	Prob. Suceso	% Costos	Prob. Suceso	TC	Prob. Suceso
Pesimista	0.52	0.1	1	0.15	1	0.1	1	0.1	450	0.15
	0.64	0.25	1.2	0.2	1.12	0.25	1.12	0.25	460	0.2
	0.76	0.3	1.32	0.3	1.24	0.3	1.24	0.3	480	0.3
	0.88	0.25	1.5	0.2	1.36	0.25	1.36	0.25	500	0.2
	1	0.1	1.7	0.15	1.48	0.1	1.48	0.1	520	0.15
Base Negativo	0.7	0.1	1.2	0.15	0.9	0.1	0.9	0.1	460	0.15
	0.8	0.25	1.32	0.2	1	0.25	1	0.25	480	0.2
	0.9	0.3	1.5	0.3	1.1	0.3	1.1	0.3	490	0.3
	1	0.25	1.7	0.2	1.2	0.25	1.2	0.25	500	0.2
	1.1	0.1	1.8	0.15	1.3	0.1	1.3	0.1	520	0.15
Base	0.8	0.1	1.5	0.15	0.8	0.1	0.8	0.1	490	0.15
	0.9	0.25	1.6	0.2	0.9	0.25	0.9	0.25	495	0.2
	1	0.3	1.7	0.3	1	0.3	1	0.3	500	0.3
	1.1	0.25	1.8	0.2	1.1	0.25	1.1	0.25	505	0.2
	1.2	0.1	1.9	0.15	1.2	0.1	1.2	0.1	510	0.15
Base Positivo	0.9	0.1	1.6	0.15	0.8	0.1	0.8	0.1	490	0.15
	1	0.25	1.7	0.2	0.85	0.25	0.85	0.25	500	0.2
	1.1	0.3	1.8	0.3	0.9	0.3	0.9	0.3	500	0.3
	1.2	0.25	1.9	0.2	1	0.25	1	0.25	510	0.2
	1.3	0.1	2	0.15	1.1	0.1	1.1	0.1	520	0.15
Optimista	1	0.1	1.7	0.15	0.75	0.1	0.75	0.1	500	0.15
	1.1	0.25	1.8	0.2	0.8	0.25	0.8	0.25	510	0.2
	1.2	0.3	1.9	0.3	0.87	0.3	0.87	0.3	520	0.3
	1.3	0.25	2	0.2	0.93	0.25	0.93	0.25	530	0.2
	1.4	0.1	2.1	0.15	1	0.1	1	0.1	540	0.15

Es importante explicar que para el caso de ventas y precio, un mayor número de éstas produce beneficios (es por esto que para las situaciones positivas la esperanza es mayor que en las situaciones base y negativas). En cambio, para el caso de los costos, que éstos sean mayores implica menores beneficios para el proyecto (es por esto que para las situaciones positivas la esperanza es menor que las situaciones bases y negativas).

Cabe destacar que estas probabilidades son simplemente usadas para entender como el va variando frente a distintas situaciones. No se hizo ningún estudio de como

las probabilidades de estas variables se pueden comportar ya que escapa del sentido de la tesis.

Adicionalmente, tampoco se considera la correlación que podría existir entre las variables²⁷. Para entender estas correlaciones habría que hacer un estudio profundo de como se comporta el mercado y la industria, que también escapa al sentido de esta tesis. Asumir que por que sube el precio necesariamente la demanda bajaría, para este caso, no es obvio (ya que por ejemplo, podría darse el caso de que si bien el precio sube, la tasa de adopción termina siendo mayor a la pronosticada, por lo que sería equivalente a que las “ventas aumentaron”).

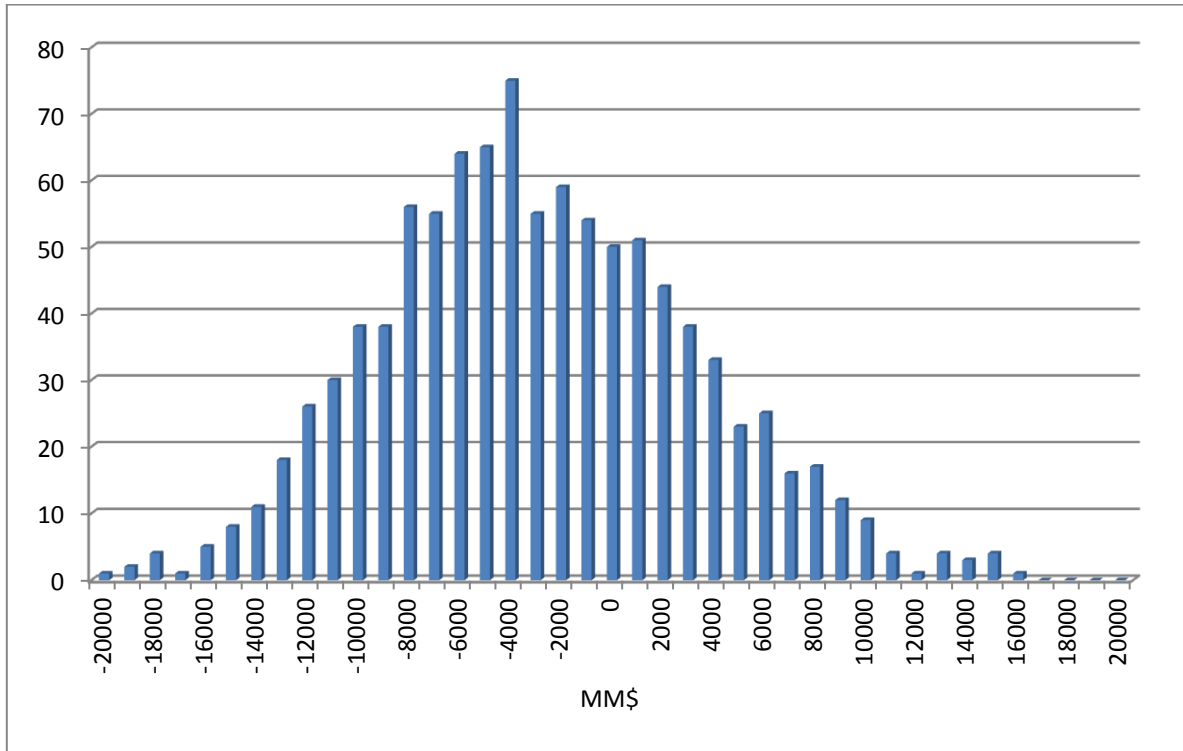
7.10.2 Resultados Situación Pesimista

Tabla 41: Promedio, mínimo y máximo situación pesimista

Promedio	MM\$ -3,469.56
Mínimo	MM\$ -20,224.53
Máximo	MM\$ 15,203.15

²⁷ Para hacer uso de correlaciones se requieren de programas complementarios a Excel (como por ejemplo, el @ Risk).

Gráfico 17: Distribución de resultados Montecarlo (situación pesimista)

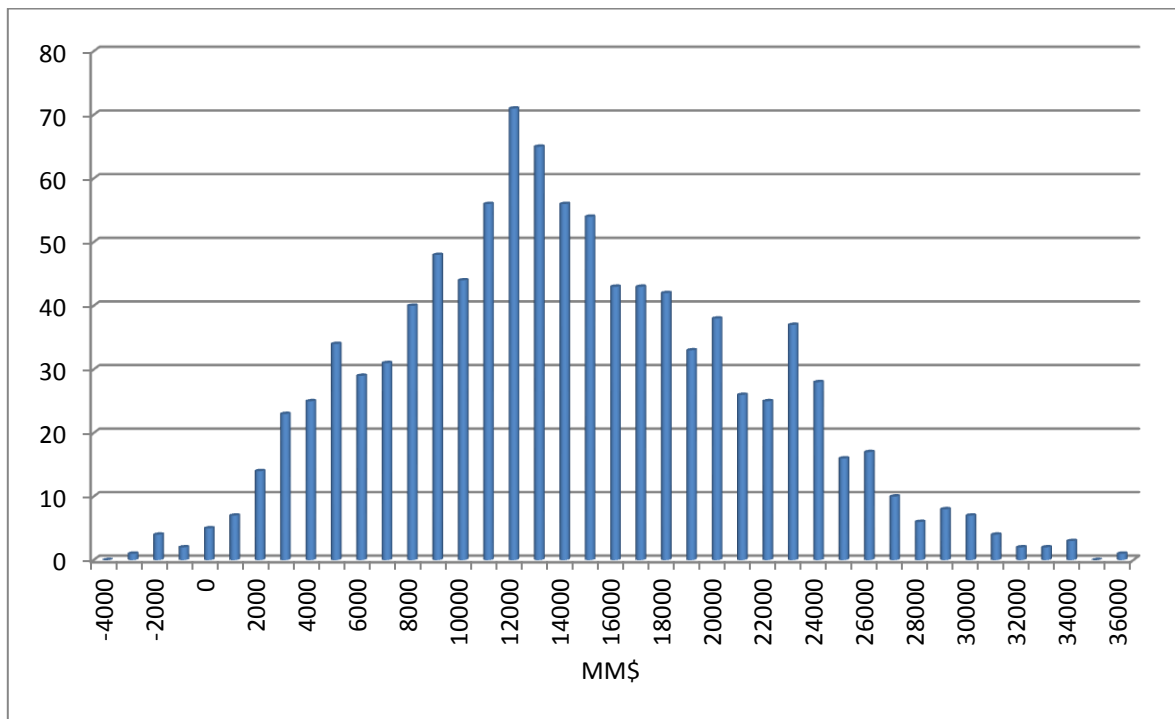


7.10.3 Resultados Situación Base Negativa

Tabla 42: Promedio, mínimo y máximo situación base negativa

Promedio	MM\$ 13,642.88
Mínimo	MM\$ -3,394.41
Máximo	MM\$ 35,839.72

Gráfico 18: Distribución de resultados Montecarlo (situación base negativa)

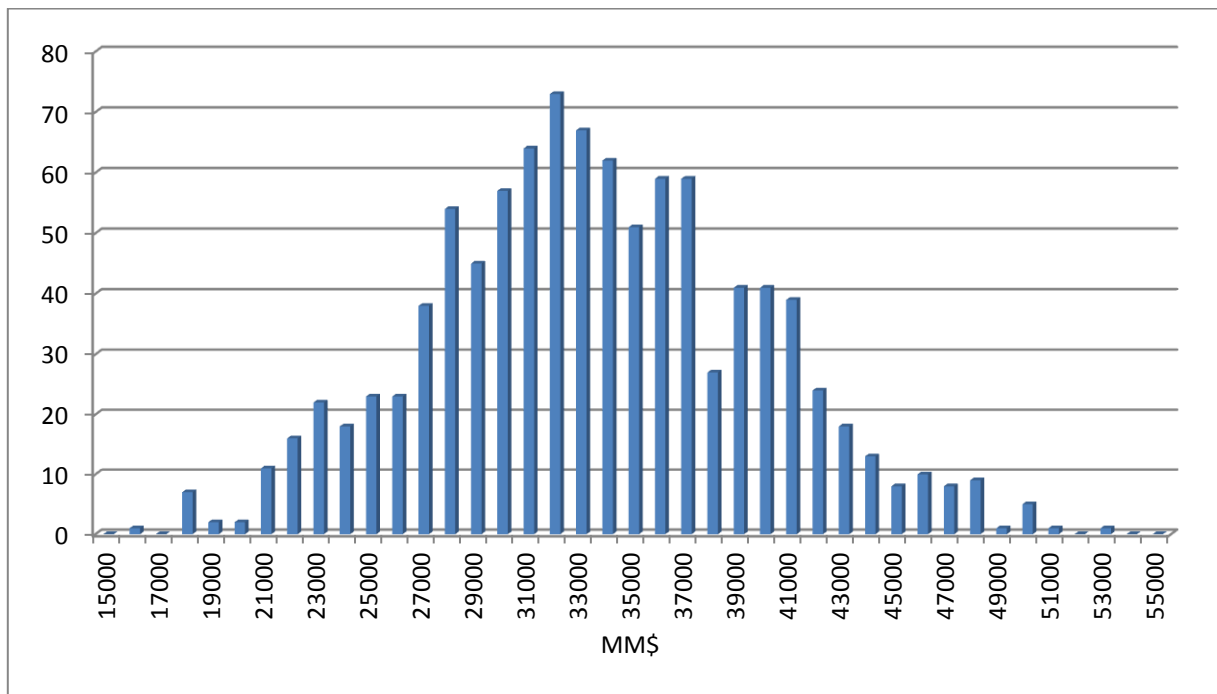


7.10.4 Resultados Situación Base

Tabla 43: Promedio, mínimo y máximo situación base

Promedio	MM\$ 32,949.18
Mínimo	MM\$ 15,848.94
Máximo	MM\$ 52,129.97

Gráfico 19: Distribución de resultados Montecarlo (situación base)

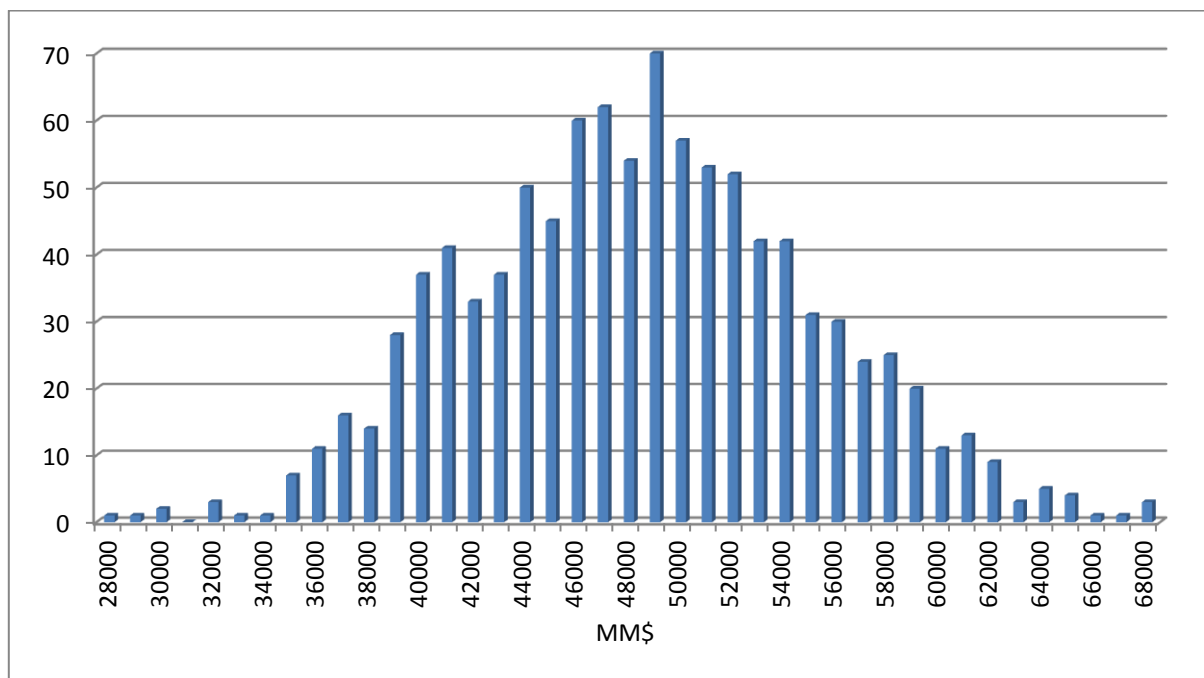


7.10.5 Resultados Situación Base Positiva

Tabla 44; Promedio, mínimo y máximo situación base positiva

Promedio	MM\$ 47,945.63
Mínimo	MM\$ 25,395.19
Máximo	MM\$ 67,895.01

Gráfico 20: Distribución de resultados Montecarlo (situación base positiva)

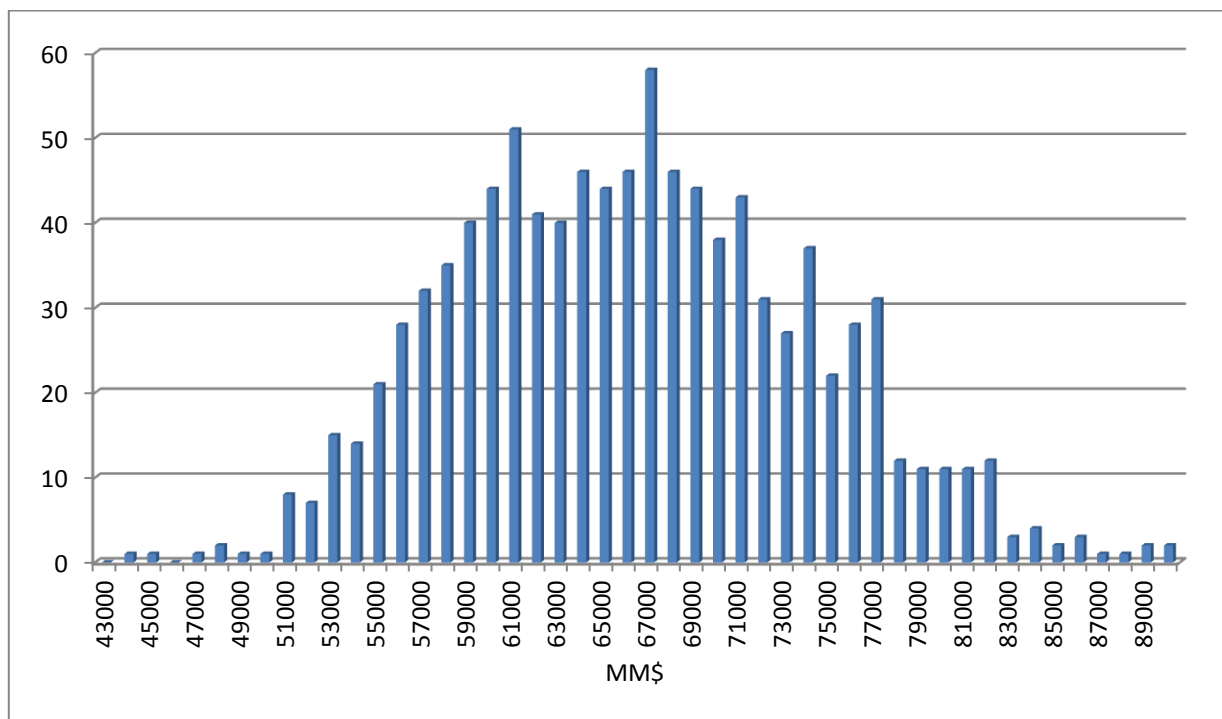


7.10.6 Resultados Situación Optimista

Tabla 45: Promedio, mínimo y máximo situación optimista

Promedio	MM\$ 65,824.51
Mínimo	MM\$ 43,263.67
Máximo	MM\$ 90,282.91

Gráfico 21: Distribución resultados Montecarlo (situación optimista)



7.10.7 Comparación de Situaciones

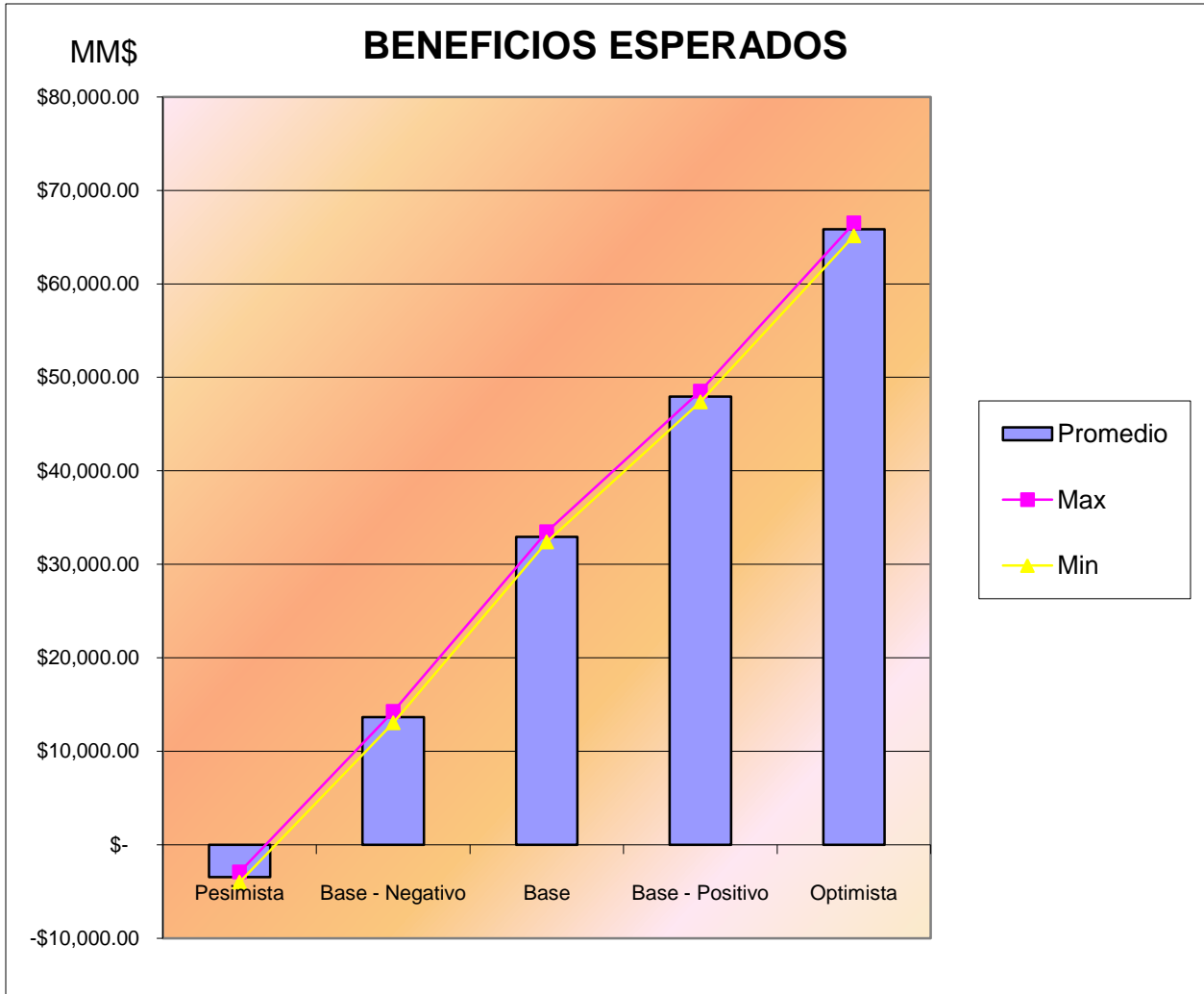
Tabla 46: Promedio e intervalo de confianza para las distintas situaciones

	Situación				
	Pesimista	Base - Negativo	Base	Base - Positivo	Optimista
Promedio	MM\$ -3,469.56	MM\$ 13,642.88	MM\$ 32,949.18	MM\$ 47,945.63	MM\$ 65,824.51
Desviación Estándar	MM\$ 6,171.43	MM\$ 6,980.85	MM\$ 6,223.47	MM\$ 6,618.51	MM\$ 7,803.70
Intervalo Confianza	MM\$ 540.94	MM\$ 611.89	MM\$ 545.50	MM\$ 580.13	MM\$ 684.01
Máximo²⁸	MM\$ -2,928.62	MM\$ 14,254.76	MM\$ 33,494.68	MM\$ 48,525.76	MM\$ 66,508.52
Mínimo²⁹	MM\$ -4,010.50	MM\$ 13,030.99	MM\$ 32,403.68	MM\$ 47,365.51	MM \$65,140.50

²⁸ Intervalo de confianza con un nivel de 95%.

²⁹ Intervalo de confianza con un nivel de 95%.

Gráfico 22: Promedio e intervalos de confianza para las distintas situaciones



En base a estos resultados se puede observar lo variable que puede llegar a ser el proyecto en las distintas situaciones. Así, si en el caso presupuestado el VAN esperado es de \$MM 32.949, para el caso pesimista dicho VAN es en promedio \$MM - 3,469 y en caso optimista de \$MM 65,824. Si bien a priori esto podría provocar una sensación de alta volatilidad hay que considerar el hecho de que aún en la situación pesimista, en la cual se usaron variables bastante negativas con respecto a las proyecciones, las pérdidas son bastante menores comparadas con los beneficios potenciales.

En definitiva, se puede deducir que aún en una situación negativa (y que tiene probabilidades bajas de cumplirse), el proyecto aún tiene posibilidades de ser rentable para la empresa privada. Más aún, queda claro, que de llegar a desarrollarse el proyecto, las probabilidades de tener pérdidas son menores en comparación a las de tener utilidades (solo en una de las 5 situaciones el promedio es negativo).

7.11 Estudio de Variables

7.11.1 Variables Críticas

Para entender mejor las variables, y el cómo un cambio en las proyecciones podría afectar el proyecto, se hará un análisis del impacto y sensibilidad de éstas. Las variables que serán estudiadas más profundamente son:

Tabla 47: Variables a estudiar

Variable	Descripción
Tiempo de desarrollo	Sensibilidad del proyecto si es que los tiempos de desarrollos son mayores a los esperados
Lograr desarrollar la tecnología o no se ingresa al mercado	Cuanto serían las perdidas si la tecnología no se logra desarrollar o no logra ingresar al mercado
Financiamiento	Cambio en el flujo si es que el financiamiento no se consigue o no es el adecuado
Mercado	Sensibilidad del proyecto si el tamaño de mercado es menor al esperado
Precio	Sensibilidad del proyecto si el precio de venta no es el esperado
Beneficios	Sensibilidad del proyecto si los beneficios, ya sea por el mercado o por precio de venta, son menores a los esperados
Costos	Sensibilidad del proyecto si los costos son mayores a los esperados
Tipo de Cambio	Cuanto sería la variación en el proyecto según distintos tipos de cambio
Tasa de Descuento	Como varía el VAN según distintas tasas de descuentos

7.11.2 Tiempo de Desarrollo

Para el análisis de esta variable, se estudia cómo cambia el flujo de caja (tanto para el privado como para el centro de investigación) si el proyecto, por algún motivo, se atrasa un año (ya sea por un atraso en el desarrollo de la tecnología, problemas en el escalamiento u otro). Para el análisis se toma una situación pesimista en la cual un año de atraso implica un año menos de venta³⁰ (así, por ejemplo, si el proyecto se demorase 2 años más de lo presupuestado, en revés de 6 años de ventas, sólo habrían 4 años). Los cambios en los flujos según años de atrasos se ven en la siguiente tabla:

Tabla 48: Variaciones del VAN y TIR frente a atrasos en el proyecto

Atraso (años)	VAN Privado	TIR Privado	VAN CI	TIR Privado
0	MM\$ 31,194.32	82%	MM\$ 3,081.00	61%
1	MM\$ 21,999.19	79%	MM\$ 2,179.26	56%
2	MM\$ 14,240.39	76%	MM\$ 1,417.85	49%
3	MM\$ 9,030.71	69%	MM\$ 916.09	41%
4	MM\$ 4,299.57	56%	MM\$ 464.04	32%
5	MM\$ 204.72	19%	MM\$ 75.54	17%

Se puede observar que aún con ventas durante un año, el proyecto tiene utilidades, aunque éstas son bastante menores. Idealmente no sería recomendable atrasarse más de tres años para que el proyecto siga siendo una alternativa realmente atractiva para la empresa privada (considerando todo el esfuerzo que hay que desplegar para llevar al mercado la tecnología).

También se puede apreciar las pérdidas que significarían para el proyecto un atraso de un año. Así, retrasarse un año en el proyecto, implica una reducción del VAN de MM\$ 9,195, lo cual es una cifra bastante alta. De volver a retrasarse otro año, implicaría una reducción del VAN de MM\$7,759. Así, queda claro como el retraso de un año puede tener altas implicaciones económicas en el proyecto, razón por la cual se hace fundamental hacer lo posible por que éste no se retrase.

³⁰ Ciertamente, podría darse el caso de que si se atrasase 2 años, el periodo de ventas no necesariamente se redujese en ese periodo; sin embargo, se quiso hacer un análisis en el peor caso posible.

7.11.3 Pérdidas si no se Desarrolla Tecnología

Se analiza el impacto para el centro de investigación si es que el proyecto no logra ser desarrollado o llevado al mercado, y por ende, no recibir ningún pago por concepto de licencia. Para este caso, se asume que el centro de investigación sigue intentando desarrollar la tecnología hasta el año 6, es decir, que incurre en gastos durante dos años más de lo presupuestado.

En esta situación las pérdidas serían las siguientes:

Tabla 49: VAN centro de investigación si no se desarrolla tecnología

VAN	MM\$ - 300.27
------------	----------------------

El VAN resultante es de MM\$ - 300.27. Esta cifra representa las pérdidas que tendría el CI si no logra llevar a cabo el proyecto. Este valor es bastante menor en comparación con los beneficios potenciales que tiene el proyecto, situación que no hace más que confirmar que el proyecto debe ser realizado.

7.11.4 Situación sin Financiamiento

A continuación se hace el análisis de cómo varía el flujo del centro de investigación si es que no se consigue el financiamiento, si es que no se consigue todo el financiamiento o si es que se requiere un mayor financiamiento (en cuyo caso, se utiliza que se requiere un nuevo financiamiento el año 1, que debe ser financiado por el centro de investigación). Para el caso de que no se consigue financiamiento, se asume que es el centro de investigación el que debe incurrir en el pago de esta inversión³¹.

Los resultados son los siguientes:

³¹ Cabe recordar que el CEDENNA tiene los recursos, gracias al financiamiento basal entregado por CONICYT.

Tabla 50: VAN centro de investigación para distintos casos de financiamiento

Caso	VAN	TIR
Base	MM\$ 3,081.00	61%
Se consigue financiamiento solo por \$MM 200	MM\$ 2,881.00	41%
No se consigue Financiamiento	MM\$ 2,681.00	34%
Se consigue financiamiento, pero después se necesita mas (\$MM 200)	MM\$ 2,899.18	45%
Se consigue financiamiento, pero después se necesita mas (\$MM 400)	MM\$ 2,717.36	37%
No se consigue financiamiento y después se necesita mas (\$MM 200)	MM\$ 2,499.18	30%
No se consigue financiamiento y después se necesita mas (\$MM 400)	MM\$ 2,317.36	27%

Como es de esperar, el peor caso ocurre cuando no se consigue financiamiento y se necesitan adicionalmente MM\$400. Aún en la situación en que no se consigue el financiamiento, y además se debe poner el doble de inversión, el proyecto resulta altamente beneficioso para el centro de investigación, perdiéndose un 25% del valor del VAN (correspondiente a MM\$ 764), pero obteniendo un VAN positivo de MM\$2,317 lo cual sigue haciendo muy atractivo el proyecto.

7.11.5 Situación si el Mercado no es el Esperado

Para este caso, se hizo uso de Montecarlo. El análisis se hizo usando las mismas situaciones y casos mencionados anteriormente. La diferencia es que para todas las otras variables se usaron la situación base, y la única que varía es la variable de mercado:

Tabla 51: Probabilidad de la variable de mercado para distintas situaciones

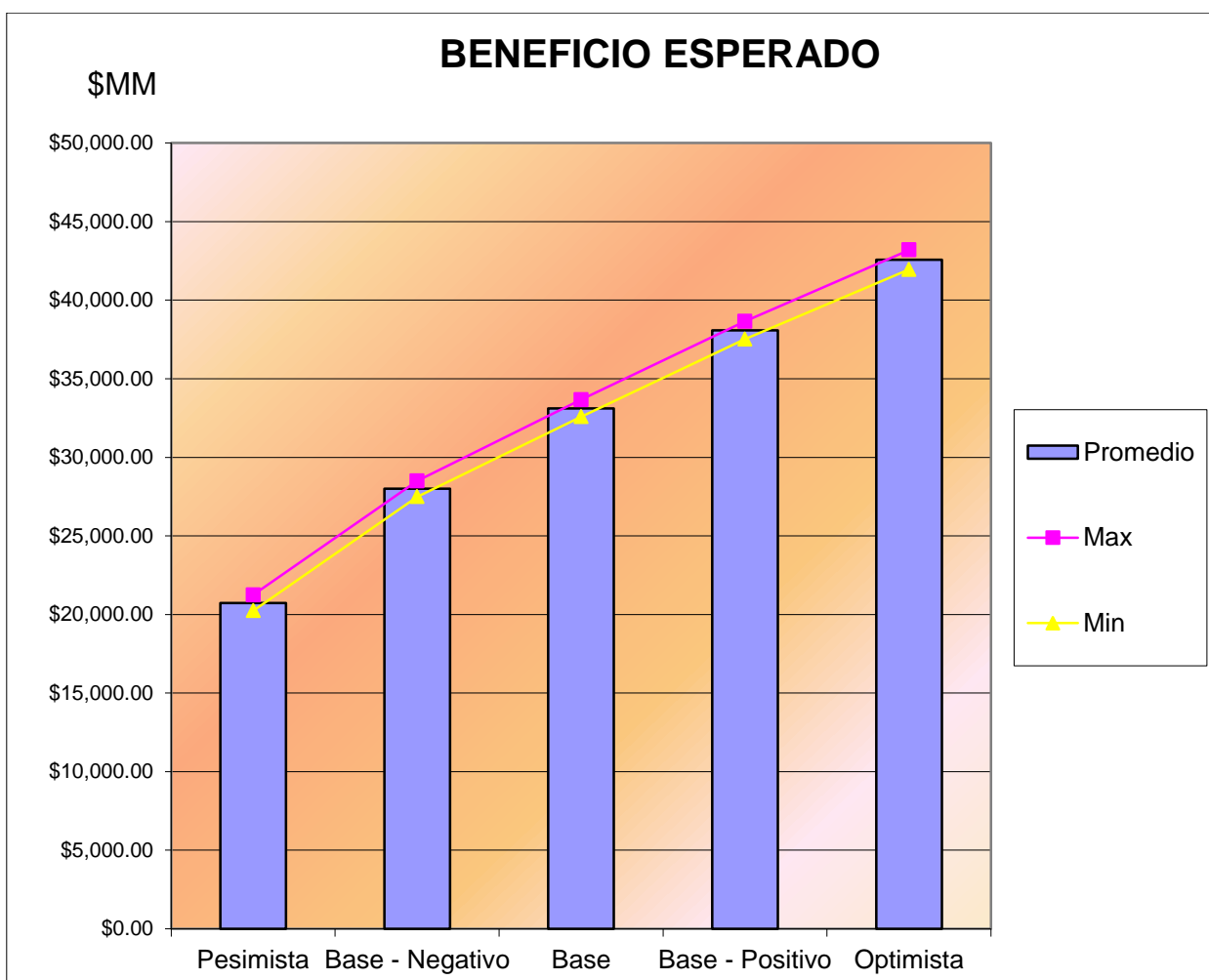
Situación	Ventas		Precio Venta		Costos Producción e Insumos		Otros Costos		Tipo de Cambio	
	% unid. ventas	Prob. Suceso	Precio	Prob. Suceso	% Costos	Prob. Suceso	% Costos	Prob. Suceso	TC	Prob. Suceso
Pesimista	0.52	0.1	1.5	0.15	0.8	0.1	0.8	0.1	490	0.15
	0.64	0.25	1.6	0.2	0.9	0.25	0.9	0.25	495	0.2
	0.76	0.3	1.7	0.3	1	0.3	1	0.3	500	0.3
	0.88	0.25	1.8	0.2	1.1	0.25	1.1	0.25	505	0.2
	1	0.1	1.9	0.15	1.2	0.1	1.2	0.1	510	0.15
Base Negativo	0.7	0.1	1.5	0.15	0.8	0.1	0.8	0.1	490	0.15
	0.8	0.25	1.6	0.2	0.9	0.25	0.9	0.25	495	0.2
	0.9	0.3	1.7	0.3	1	0.3	1	0.3	500	0.3
	1	0.25	1.8	0.2	1.1	0.25	1.1	0.25	505	0.2
	1.1	0.1	1.9	0.15	1.2	0.1	1.2	0.1	510	0.15
Base	0.8	0.1	1.5	0.15	0.8	0.1	0.8	0.1	490	0.15
	0.9	0.25	1.6	0.2	0.9	0.25	0.9	0.25	495	0.2
	1	0.3	1.7	0.3	1	0.3	1	0.3	500	0.3
	1.1	0.25	1.8	0.2	1.1	0.25	1.1	0.25	505	0.2
	1.2	0.1	1.9	0.15	1.2	0.1	1.2	0.1	510	0.15
Base Positivo	0.9	0.1	1.5	0.15	0.8	0.1	0.8	0.1	490	0.15
	1	0.25	1.6	0.2	0.9	0.25	0.9	0.25	495	0.2
	1.1	0.3	1.7	0.3	1	0.3	1	0.3	500	0.3
	1.2	0.25	1.8	0.2	1.1	0.25	1.1	0.25	505	0.2
	1.3	0.1	1.9	0.15	1.2	0.1	1.2	0.1	510	0.15
Optimista	1	0.1	1.5	0.15	0.8	0.1	0.8	0.1	490	0.15
	1.1	0.25	1.6	0.2	0.9	0.25	0.9	0.25	495	0.2
	1.2	0.3	1.7	0.3	1	0.3	1	0.3	500	0.3
	1.3	0.25	1.8	0.2	1.1	0.25	1.1	0.25	505	0.2
	1.4	0.1	1.9	0.15	1.2	0.1	1.2	0.1	510	0.15

El fin de esto, es entender como esta variable puede afectar en el VAN del proyecto privado:

Tabla 52: Promedio e intervalo de confianza para distintas situaciones de mercado

	Situación				
	Pesimista	Base - Negativo	Base	Base - Positivo	Optimista
Promedio	MM\$ 20,735.64	MM\$ 27,994.84	MM\$ 33,119.67	MM\$ 38,086.61	MM\$ 42,571.48
Desviación Estándar	MM\$ 5,690.06	MM\$ 5,738.51	MM\$ 6,170.64	MM\$ 6,457.37	MM\$ 7,105.21
Intervalo Confianza	MM\$ 498.75	MM\$ 502.99	MM\$ 540.87	MM\$ 566.00	MM\$ 622.79
Max	MM\$ 21,234.39	MM\$ 28,497.83	MM\$ 33,660.54	MM\$ 38,652.61	MM\$ 43,194.27
Min	MM\$ 20,236.90	MM\$ 27,491.85	MM\$ 32,578.80	MM\$ 37,520.61	MM\$ 41,948.70

Gráfico 23: Promedio e intervalo de confianza para distintas situaciones de mercado



Como se puede observar, una situación pesimista en las ventas tiene un impacto alto en el VAN, pudiendo provocar una pérdida del valor del VAN en más de MM\$12,000. De esto se puede desprender que la variable de mercado tiene un factor alto en el desempeño del proyecto, pero por si solo muy difícilmente hará que el proyecto deje de ser rentable. Esto queda en evidencia al estudiar el punto crítico de ventas en el cual el VAN privado pasa a ser negativo. Este valor corresponde a un 3,1436% de las ventas presupuestadas (y considerando que las demás variables son las presupuestadas), es decir, si durante todos los años se vende sobre este porcentaje de las ventas presupuestadas el VAN será positivo, de lo contrario el VAN será negativo.

Por otro lado, una situación optimista en las ventas puede provocar que el valor del VAN suba en gran medida, haciendo que el valor del VAN supere los MM\$ 42,000. Así, se puede ver que esta variable puede provocar una gran variabilidad en los resultados del proyecto, lo que la convierte en una variable crítica del proyecto.

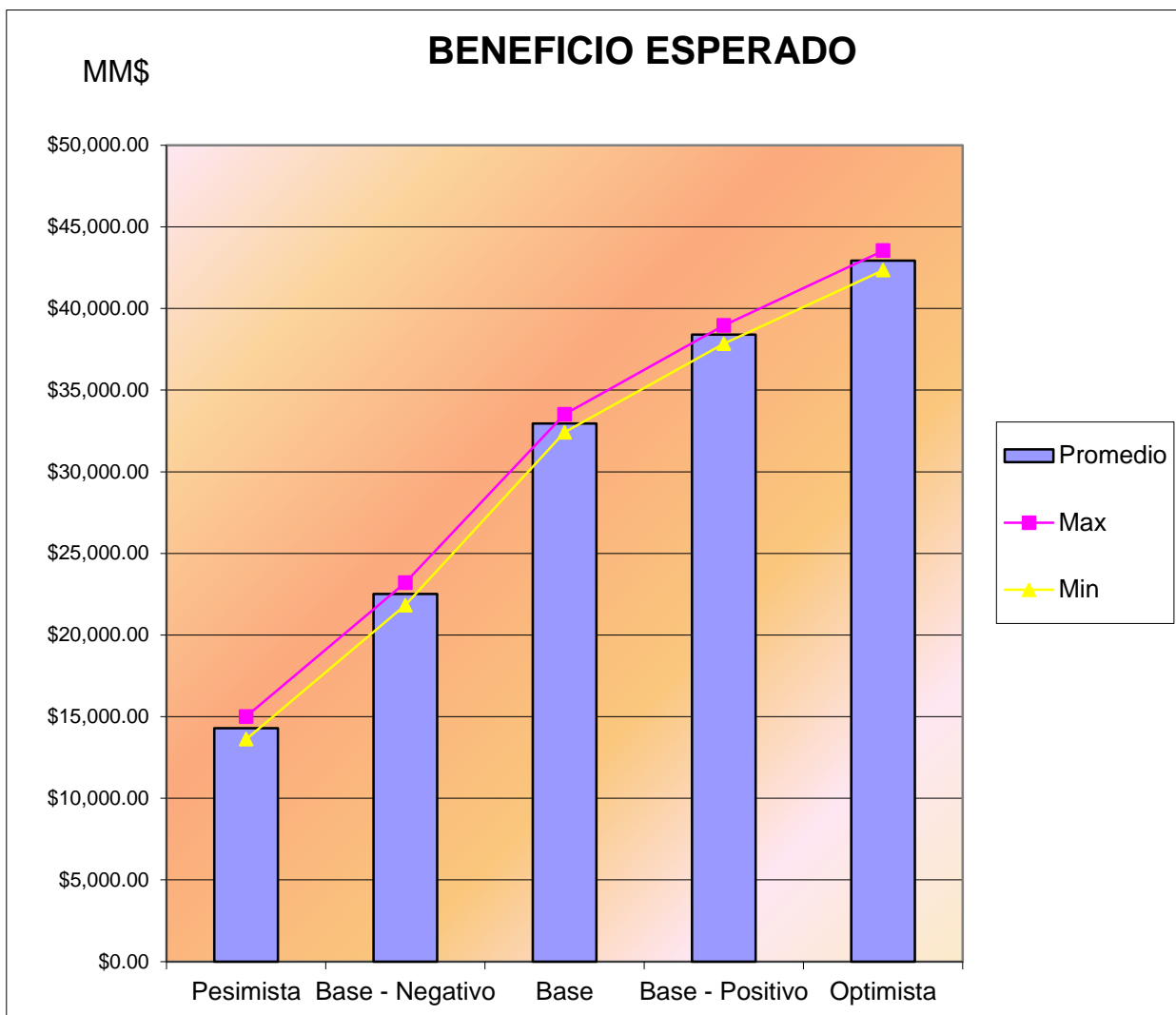
7.11.6 Situación Frente a Distintos Precios

Para este caso, se hizo uso de Montecarlo. El análisis se hizo usando las mismas situaciones y casos mencionados anteriormente. La diferencia es que para todas las otras variables se usaron la situación base, y la única que varía es la variable de precio. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 53: Promedio e intervalo de confianza para distintas situaciones de precio

	Situación				
	Pesimista	Base - Negativo	Base	Base - Positivo	Optimista
Promedio	MM\$ 14,302.03	MM\$ 22,513.13	MM\$ 32,961.50	MM\$ 38,400.81	MM\$ 42,937.96
Desviación Estándar	MM\$ 7,922.49	MM\$ 7,860.16	MM\$ 6,306.74	MM\$ 6,391.21	MM\$ 6,778.24
Intervalo Confianza	MM\$ 694.42	MM\$ 688.96	MM\$ 552.80	MM\$ 560.20	MM\$ 594.13
Max	MM\$ 14,996.45	MM\$ 23,202.09	MM\$ 33,514.30	MM\$ 38,961.02	MM\$ 43,532.09
Min	MM\$ 13,607.60	MM\$ 21,824.17	MM\$ 32,408.70	MM\$ 37,840.61	MM\$ 42,343.83

Gráfico 24: Promedio e intervalo de confianza para distintas situaciones de precio



Se puede observar que esta variable tiene un alto impacto en el valor del VAN, pudiendo reducir su valor en más de MM\$18,000. Eso sí, se puede observar que esta variable por sí sola no lleva el proyecto a un VAN negativo. Además se observa que en la situación optimista, el valor del VAN puede superar los MM\$42.000, lo que muestra como esta variable puede provocar una gran variabilidad en los resultados del proyecto, por lo cual es una variable crítica a tener en cuenta.

Además, se hace un análisis de los márgenes del precio:

Con proyecto el precio estimado es de \$850 por gramo, con un margen de promedio de \$288 pesos por gramo (este margen va variando según el año ya que considera todos los ingresos y egresos que hay). Es decir, el precio puede bajar hasta 1.12 US\$/gr (en caso de ser necesario por distintos motivos).

Sin proyecto, el precio estimado es de \$950 por gramo, con un margen promedio de \$195 por gramo. Es decir, el precio puede bajar hasta 1.52 US\$/gr.

Esto implica que con el proyecto la empresa privada puede tener un mayor margen de ganancias o le permitirá tener un margen mayor para reducir los precios, ya sea por necesidades del mercado o para encontrar un punto que maximice los ingresos.

7.11.7 Situación si Beneficios son Menores a los Esperados

Para este caso, se hizo uso de Montecarlo. El análisis se hizo usando las mismas situaciones y casos mencionados anteriormente. La diferencia es que para todas las otras variables se usaron la situación base, y la únicas que varían son las variables de mercado y precio, con el fin de entender el efecto combinado que tendría en el VAN percibir menores beneficios. Las situaciones que se utilizaron fueron las siguientes:

Tabla 54: Probabilidad de las situaciones para las variables mercado y precio

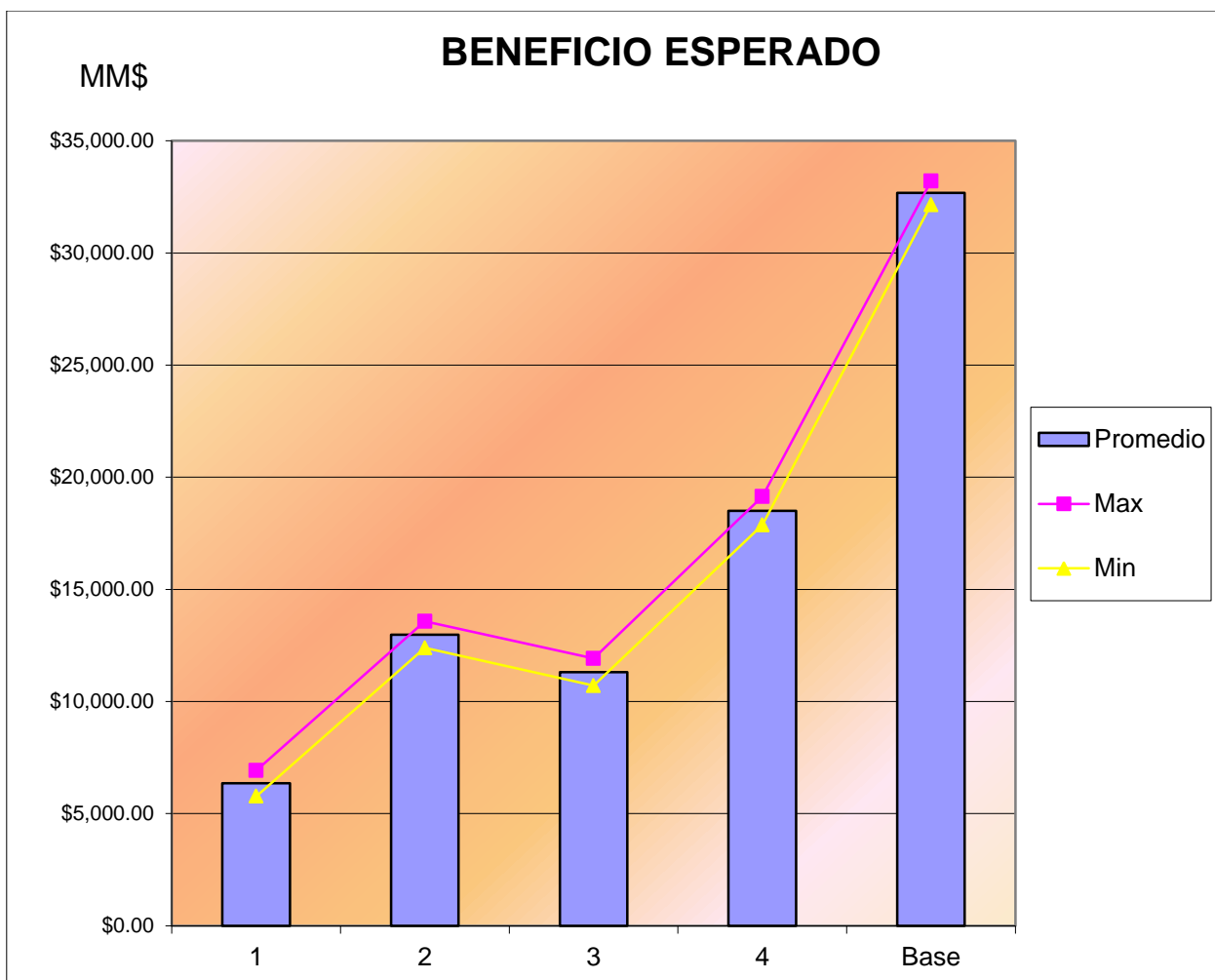
Situación	Ventas		Precio Venta		Costos Producción e Insumos		Otros Costos		Tipo de Cambio	
	% unid. ventas	Prob. Suceso	Precio	Prob. Suceso	% Costos	Prob. Suceso	% Costos	Prob. Suceso	TC	Prob. Suceso
1	0.52	0.1	1	0.15	0.8	0.1	0.8	0.1	490	0.15
	0.64	0.25	1.2	0.2	0.9	0.25	0.9	0.25	495	0.2
	0.76	0.3	1.32	0.3	1	0.3	1	0.3	500	0.3
	0.88	0.25	1.5	0.2	1.1	0.25	1.1	0.25	505	0.2
	1	0.1	1.7	0.15	1.2	0.1	1.2	0.1	510	0.15
2	0.52	0.1	1.2	0.15	0.8	0.1	0.8	0.1	490	0.15
	0.64	0.25	1.32	0.2	0.9	0.25	0.9	0.25	495	0.2
	0.76	0.3	1.5	0.3	1	0.3	1	0.3	500	0.3
	0.88	0.25	1.7	0.2	1.1	0.25	1.1	0.25	505	0.2
	1	0.1	1.8	0.15	1.2	0.1	1.2	0.1	510	0.15
3	0.7	0.1	1	0.15	0.8	0.1	0.8	0.1	490	0.15
	0.8	0.25	1.2	0.2	0.9	0.25	0.9	0.25	495	0.2
	0.9	0.3	1.32	0.3	1	0.3	1	0.3	500	0.3
	1	0.25	1.5	0.2	1.1	0.25	1.1	0.25	505	0.2
	1.1	0.1	1.7	0.15	1.2	0.1	1.2	0.1	510	0.15
4	0.7	0.1	1.2	0.15	0.8	0.1	0.8	0.1	490	0.15
	0.8	0.25	1.32	0.2	0.9	0.25	0.9	0.25	495	0.2
	0.9	0.3	1.5	0.3	1	0.3	1	0.3	500	0.3
	1	0.25	1.7	0.2	1.1	0.25	1.1	0.25	505	0.2
	1.1	0.1	1.8	0.15	1.2	0.1	1.2	0.1	510	0.15
5	0.8	0.1	1.5	0.15	0.8	0.1	0.8	0.1	490	0.15
	0.9	0.25	1.6	0.2	0.9	0.25	0.9	0.25	495	0.2
	1	0.3	1.7	0.3	1	0.3	1	0.3	500	0.3
	1.1	0.25	1.8	0.2	1.1	0.25	1.1	0.25	505	0.2
	1.2	0.1	1.9	0.15	1.2	0.1	1.2	0.1	510	0.15

Para esta simulación se ocupa una combinación de las situaciones pesimista y base – negativa de las dos variables (mercado y precio) y la situación base. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 55: Promedio e intervalo de confianza para distintas situaciones de ingresos (variables mercado y precio)

Situación					
	1	2	3	4	Base
Promedio	MM\$ 6,349.09	MM\$ 12,983.03	MM\$ 11,313.24	MM\$ 18,506.17	MM\$ 32,676.73
Desviación Estándar	MM\$ 6,535.25	MM\$ 6,723.45	MM\$ 6,927.33	MM\$ 7,251.32	MM\$ 6,012.27
Intervalo Confianza	MM\$ 572.83	MM\$ 589.33	MM\$ 607.20	MM\$ 635.59	MM\$ 526.99
Max	MM\$ 6,921.92	MM\$ 13,572.36	MM\$ 11,920.44	MM\$ 19,141.76	MM\$ 33,203.72
Min	MM\$ 5,776.26	MM\$ 12,393.71	MM\$ 10,706.05	MM\$ 17,870.57	MM\$32,149.74

Gráfico 25: Promedio e intervalo de confianza para distintas situaciones de ingresos (variables mercado y precio)



Al ver el impacto de ambas variables combinadas se puede observar que tienen un efecto importante en el valor del VAN, pudiendo provocar una reducción de su valor a aproximadamente MM\$6,300. De esto se puede desprender que de provocarse una reducción importante del precio y las ventas, el proyecto puede reducir bastante su valor, aunque aún seguiría manteniéndose en terreno positivo.

También, se puede observar que comparando la situación 2 y 3, que una reducción del precio tendría un efecto en el valor del VAN levemente mayor que el de las ventas (cosa que ya se había apreciado al realizar el análisis por separado, ya que el valor del VAN de la situación pesimista también había sido menor para el precio).

7.11.8 Situación si Costos no son los Esperados

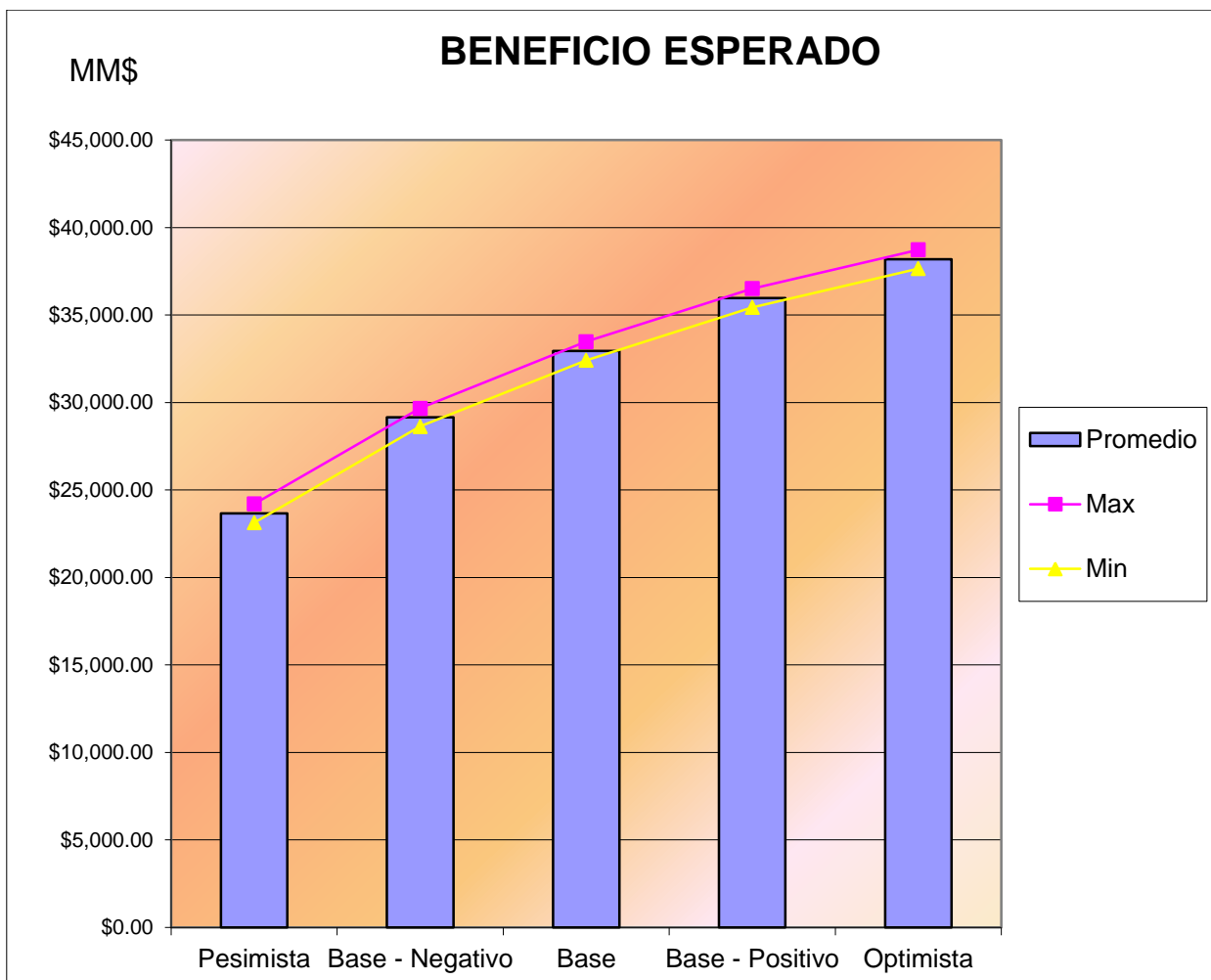
Para este caso se usa Montecarlo. Primero se hará el análisis con los costos de producción e insumos. Posteriormente con los otros costos y finalmente con una combinación de ambos. El modo de proceder es idéntico al realizado con el mercado y precio. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Costos de producción e insumos:

Tabla 56: Promedio e intervalo de confianza para distintas situaciones de costos de producción e insumos

	Situación				
	Pesimista	Base - Negativo	Base	Base - Positivo	Optimista
Promedio	MM\$ 23,407.11	MM\$ 28,948.44	MM\$ 32,644.06	MM\$ 35,832.15	MM\$ 38,184.17
Desviación Estándar	MM\$ 5,896.50	MM\$ 6,065.36	MM\$ 6,285.07	MM\$ 5,961.23	MM\$ 6,116.79
Intervalo Confianza	MM\$ 516.84	MM\$ 531.64	MM\$ 550.90	MM\$ 522.51	MM\$ 536.15
Max	MM\$ 23,923.96	MM\$ 29,480.09	MM\$ 33,194.96	MM\$ 36,354.67	MM\$ 38,720.32
Min	MM\$ 22,890.27	MM\$ 28,416.80	MM\$ 32,093.16	MM\$ 35,309.64	MM\$ 37,648.02

Gráfico 26: Promedio e intervalo de confianza para distintas situaciones de costos de producción e insumos



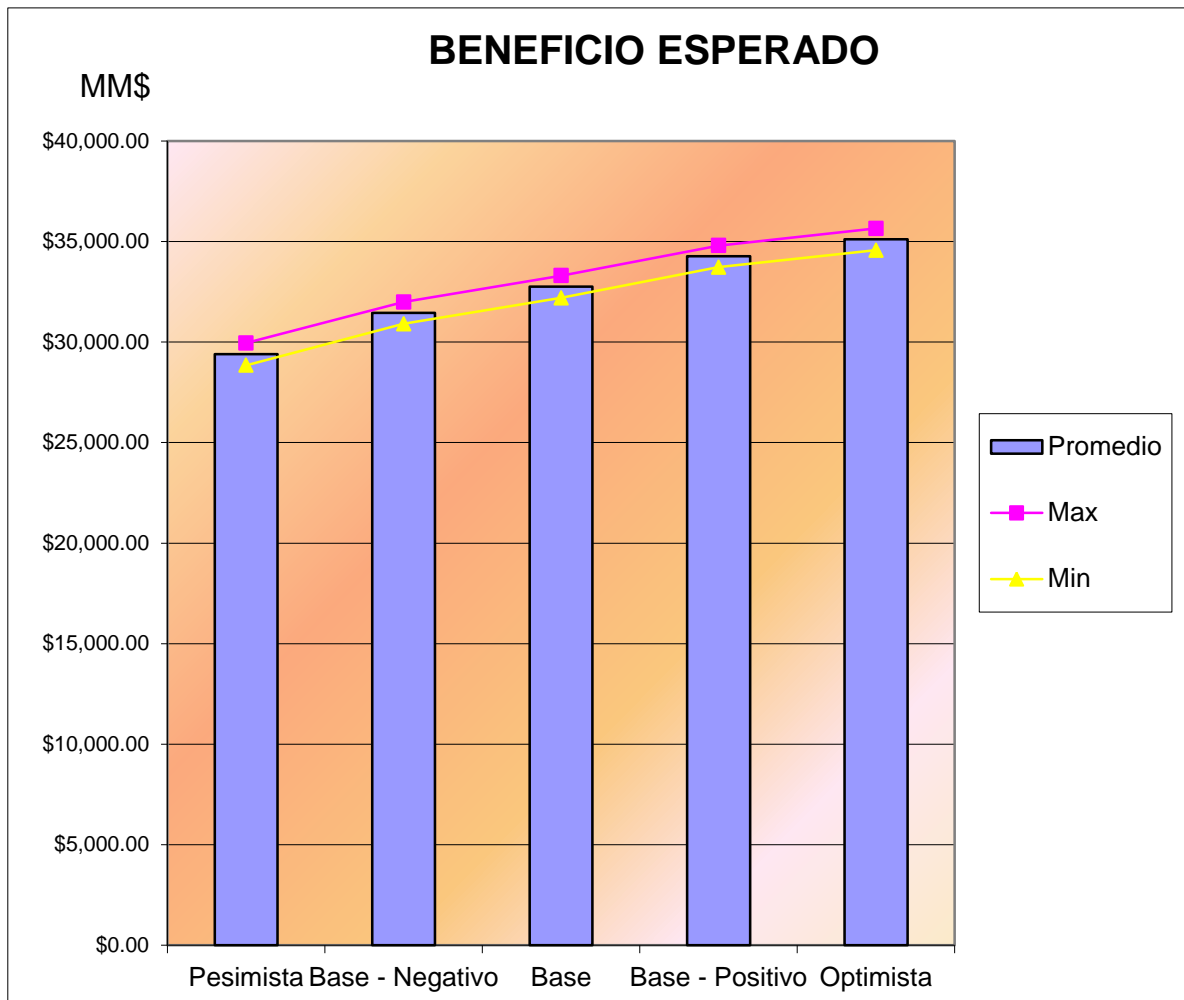
Se puede observar que esta variable tiene un efecto considerable en el valor del VAN, provocando una reducción promedio, en el caso pesimista, mayor de MM\$8,000. Sin embargo, el efecto no es suficiente como para llevar el proyecto a valor negativo. Ahora por el lado contrario, si los costos son menores a los esperados, el valor del VAN puede llegar a incrementarse en más de MM\$5,000. Por esto, la variable igualmente tiene un efecto que debe ser considerado dentro del proyecto.

Otros Costos

Tabla 57: Promedio e intervalo de confianza para distintas situaciones de otros costos

	Situación				
	Pesimista	Base - Negativo	Base	Base - Positivo	Optimista
Promedio	MM\$ 29,396.73	MM\$ 31,447.62	MM\$ 32,750.33	MM\$ 34,265.09	MM\$ 35,106.74
Desviación Estándar	MM\$ 6,295.90	MM\$ 6,205.50	MM\$ 6,313.61	MM\$ 6,134.41	MM\$ 6,166.08
Intervalo Confianza	MM\$ 551.85	MM\$ 543.93	MM\$ 553.40	MM\$ 537.70	MM\$ 540.47
Max	MM\$ 29,948.58	MM\$ 31,991.55	MM\$ 33,303.73	MM\$ 34,802.78	MM\$ 35,647.21
Min	MM\$ 28,844.88	MM\$ 30,903.69	MM\$ 32,196.92	MM\$ 33,727.39	MM\$ 34,566.27

Gráfico 27: Promedio e intervalo de confianza para distintas situaciones de otros costos



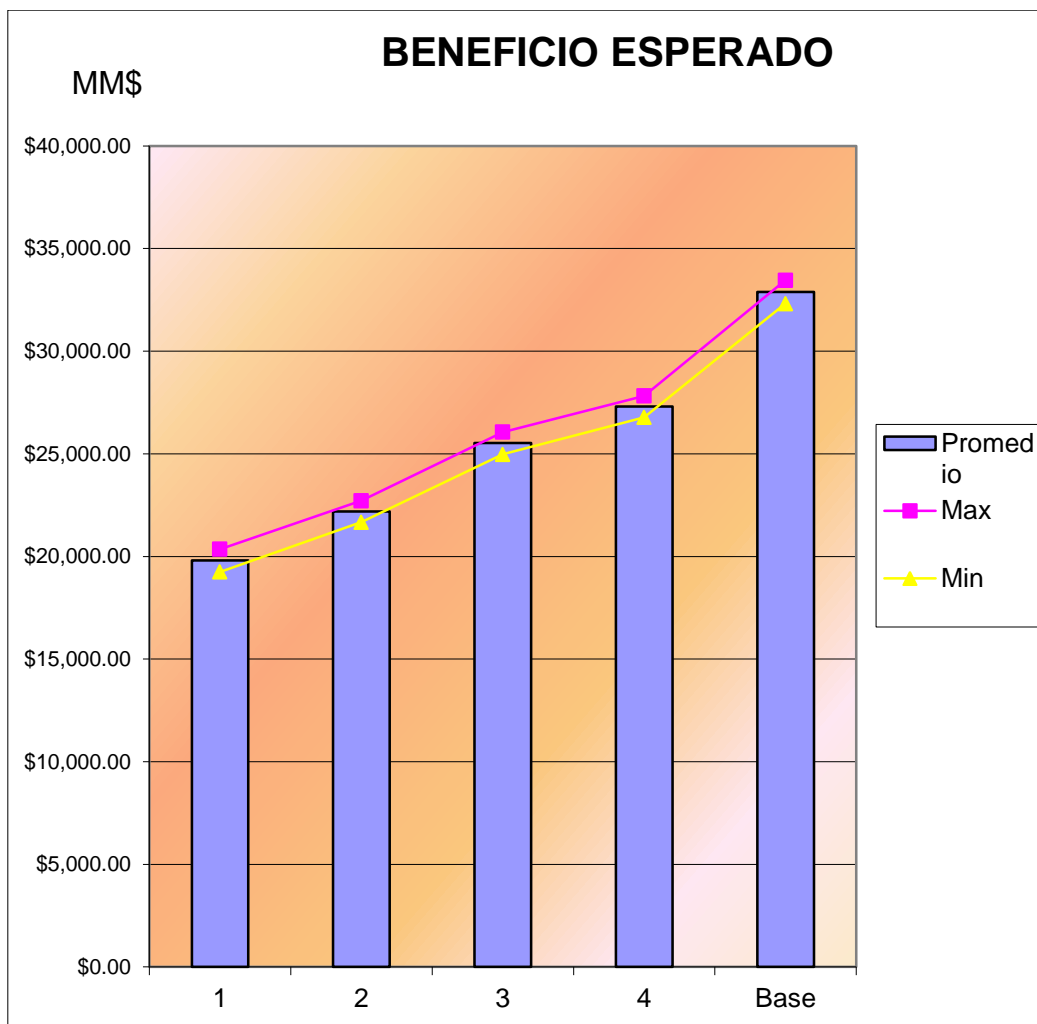
Se puede inducir que el efecto de estos costos es menor, ya que reduce el valor del VAN, para la situación pesimista, en MM\$2,000, que es un valor menor en comparación a los beneficios potenciales del proyecto. Igualmente, para el caso optimista, el valor del VAN sólo se incrementa en algo más de MM\$ 2,000. Así, esta variable tiene un efecto menor en los resultados del proyecto.

Combinación de las variables costos:

Tabla 58: Promedio e intervalo de confianza para distintas situaciones de costos (variables producción e insumos y otros)

	Situación				
	1	2	3	4	Base
Promedio	MM\$ 19,801.49	MM\$ 22,195.17	MM\$ 25,524.27	MM\$ 27,301.48	MM\$ 32,890.67
Desviación Estándar	MM\$ 6,297.90	MM\$ 5,946.51	MM\$ 6,179.01	MM\$ 5,981.57	MM\$ 6,454.58
Intervalo Confianza	MM\$ 552.03	MM\$ 521.22	MM\$ 541.60	MM\$ 524.30	MM\$ 565.76
Max	MM\$ 20,353.52	MM\$ 22,716.40	MM\$ 26,065.88	MM\$ 27,825.78	MM\$ 33,456.42
Min	MM\$ 19,249.47	MM\$ 21,673.95	MM\$ 24,982.67	MM\$ 26,777.19	MM\$ 32,324.91

Gráfico 28: Promedio e intervalo de confianza para distintas situaciones de costos (variables producción e insumos y otros)



Ahora, en conjunto, el efecto obviamente es mayor, provocando en el caso pesimista una pérdida del valor de más de MM\$13,000, lo cual es una cifra importante para el proyecto. Sin embargo, las utilidades siguen siendo altamente positivas.

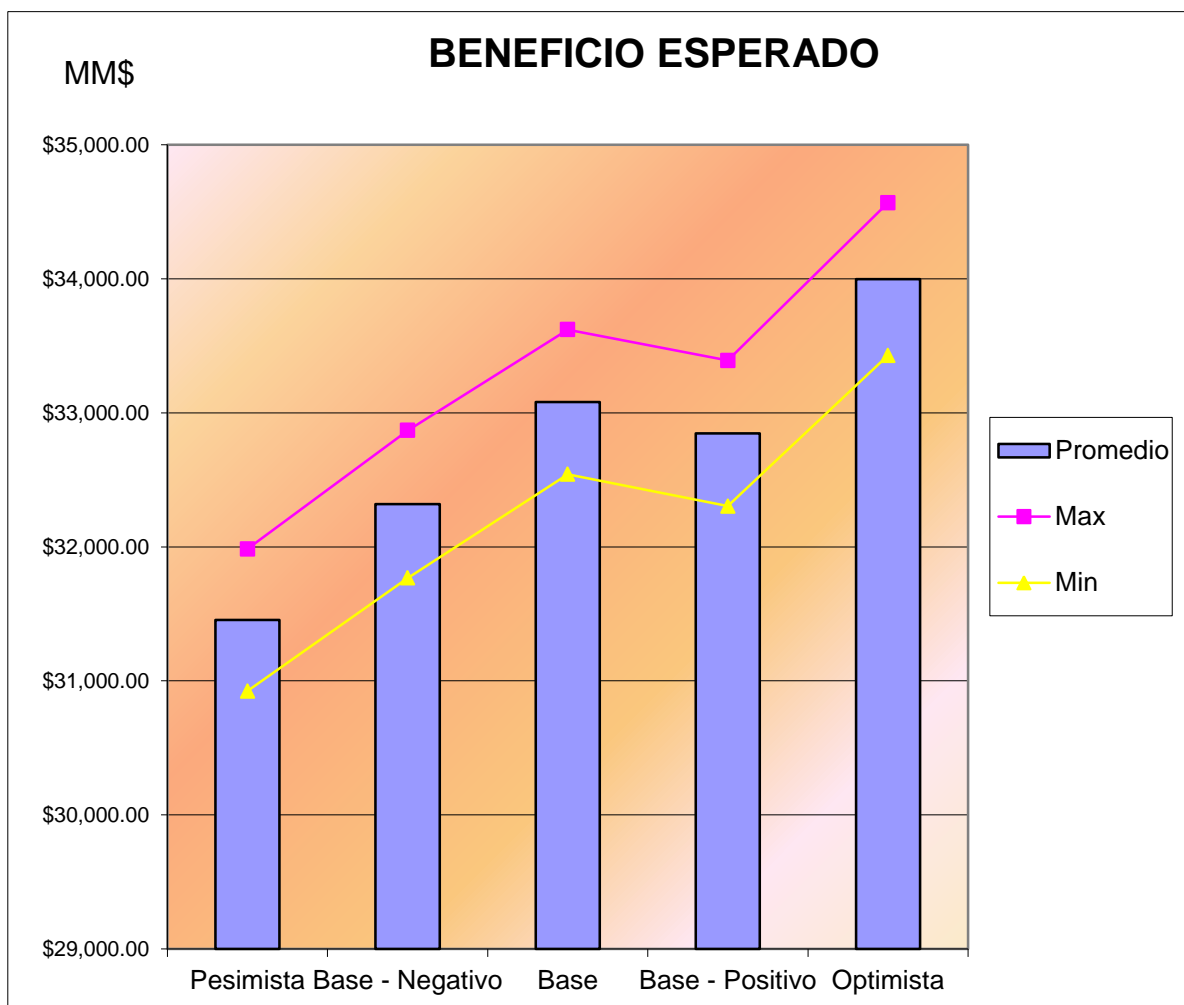
7.11.9 Situación si Tipo de Cambio no es el Esperado

Para este caso, se hizo uso de Montecarlo. El análisis se hizo usando las mismas situaciones y casos mencionados anteriormente. La diferencia es que para todas las otras variables se usaron la situación base, y la única que varía es la variable tipo de cambio. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 59: Promedio e intervalo de confianza para distintas situaciones de tipo de cambio

	Situación				
	Pesimista	Base - Negativo	Base	Base - Positivo	Optimista
Promedio	MM\$ 31,453.53	MM\$ 32,318.52	MM\$ 33,080.53	MM\$ 32,846.91	MM\$ 33,997.90
Desviación Estándar	MM\$ 6,044.53	MM\$ 6,278.69	MM\$ 6,156.81	MM\$ 6,194.93	MM\$ 6,492.02
Intervalo Confianza	MM\$ 529.82	MM\$ 550.34	MM\$ 539.66	MM\$ 543.00	MM\$ 569.04
Max	MM\$ 31,983.34	MM\$ 32,868.86	MM\$ 33,620.19	MM\$ 33,389.91	MM\$ 34,566.94
Min	MM\$ 30,923.71	MM\$ 31,768.18	MM\$ 32,540.88	MM\$ 32,303.91	MM\$ 33,428.86

Gráfico 29: Promedio e intervalo de confianza para distintas situaciones de tipo de cambio



Adicionalmente, se entrega el VAN del proyecto con distintos tipos de cambio (asumiendo que las demás variables presupuestadas se cumplen):

Tabla 60: VAN para distintos tipos de cambio

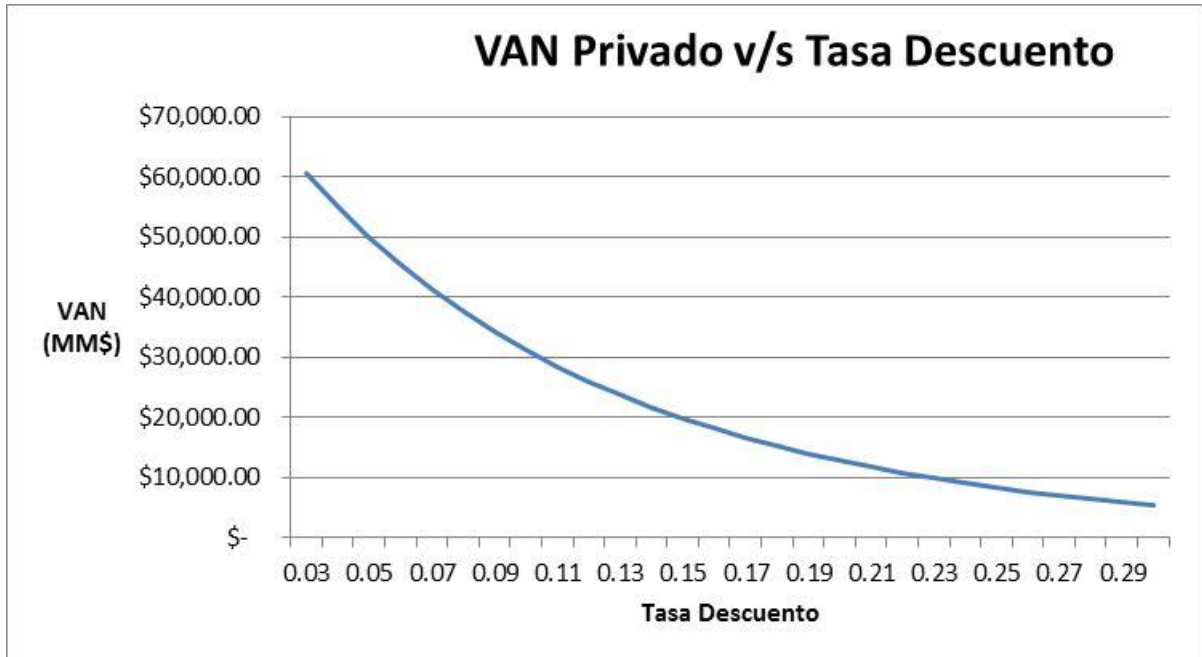
Tipo de Cambio	VAN	
	Privado	CI
450	MM\$ 28,063.60	MM\$ 2,754.45
460	MM\$ 28,689.74	MM\$ 2,819.76
480	MM\$ 29,942.03	MM\$ 2,950.38
490	MM\$ 30,568.18	MM\$ 3,015.69
500	MM\$ 31,194.32	MM\$ 3,081.00
520	MM\$ 32,446.61	MM\$ 3,211.62
540	MM\$ 33,698.90	MM\$ 3,342.24

Como se puede observar, el tipo de cambio aunque produce un efecto en el proyecto, no es una variable crítica, y que una reducción de este igual dejaría el VAN en un valor atractivo.

7.11.10 Variación del Van Privado con Distintas Tasas de Descuento

Si bien en esta valuación se ocupa una tasa de descuento de un 10% (que es la que se utiliza para la postulación del FONDEF) pueden existir privados que exijan una tasa de descuento mayor, con el fin de castigar el riesgo presente en el proyecto. Por esto, se hace necesario ver como varía el VAN privado con distintas tasa de descuento:

Gráfico 30: Variación VAN privado v/s tasa de descuento



Para ver detalle de valores, ver Anexo 5

Obviamente se puede observar que a una mayor tasa de descuento el valor es menor, pero aún con tasas de descuento altas (del 30%) el valor del VAN es alto y sigue siendo atractivo de desarrollar.

7.12 Análisis de Resultados

En este capítulo se ha estudiado los distintos factores y variables que afectan el proyecto. Este análisis se separó principalmente en dos variables: las medibles (cuantitativas) y las no medibles (cualitativas).

Para las variables cualitativas, se puede observar que el centro cuenta con las herramientas y apoyos adecuados, desarrollando toda una estructura que soporte el proyecto. Así, se puede observar que se cuenta con investigadores de alto nivel, se estableció que patentes serán desarrolladas y se cuenta con la asesoría de expertos en la transferencia tecnológica. Además la experiencia que cuentan la Universidad de Chile y la Universidad de Santiago es un respaldo importante en el proyecto, que complementado con la especialización del CEDENNA, hacen que las condiciones para el proyecto sean las necesarias para que sea exitoso.

El cálculo del flujo de caja da un valor de VAN privado de MM\$31,194.32 y una TIR privada de 82%, esto es una oportunidad bastante atractiva con posibilidades de

alto retorno. Para el centro de investigación también es un negocio rentable, entregando un valor del VAN de MM\$3,081 y una TIR de 61%. Para ambos VAN, se puede observar que los mayores flujos se dan al final, esto se explica a que las mayores ventas se consiguen al final debido a la tasa de adopción de la nueva tecnología.

Al analizar la situación de la empresa privada sin proyecto, da un VAN de MM\$ 19,638.08. Esto refleja la importante oportunidad que este proyecto representa para la empresa privada, provocando que el VAN sea más de un 50% mayor si se lleva a cabo el proyecto.

Para los cálculos de flujo de caja se ocupa un precio inicial de MM\$80 y un *royalty* de 3,5%, que como se explica anteriormente, se considera un precio justo para compartir el riesgo y distribuir las ganancias entre ambas partes. Vale destacar que, debido a que difícilmente se consiga un precio inicial muy alto (debido a la incertidumbre reinante en el proyecto), la tasa de *royalty* toma una gran importancia, razón por la cual se justifica el análisis hecho.

El uso de Montecarlo permite tener una noción de cómo puede variar el proyecto frente a distintas situaciones. Para esta simulación se hace uso de 5 situaciones, entre ellas la situación base usada para el cálculo del flujo de caja. Al realizar la simulación, se puede ver la variabilidad de los resultados, que van desde los MM\$-3,500 a los \$MM 65,800. Sin embargo, estas situaciones extremas son las más improbables, ya que consideran situaciones extremas para todas las variables. Aún así, viviendo el escenario más negativo, el VAN no es mayoritariamente negativo en comparación con la las esperanzas promedio de beneficios (ciertamente MM\$ -3,500 es una cifra considerable por sí sola, pero menor en comparación a beneficios esperados de más de MM\$30,000).

Al hacer un análisis de situaciones negativas para el proyecto, se puede observar que situaciones como atrasos en el proyecto, de no conseguir financiamiento o de necesita más recursos de los presupuestados, si bien tienen un efecto en el proyecto, no provocan que este deje de ser atractivo.

Sin embargo, se detectaron variables que si tienen alto impacto en el proyecto. Las dos principales son, como era de esperar, el precio y el mercado. Dichas variables son las variables que más variabilidad aportan al proyecto, lo que se agrava considerando el hecho de que no se tiene total control sobre estas variables. Aún así, realizando un análisis más profundo se puede observar que se tiene un margen considerable sobre el precio y las ventas antes de que el proyecto pasara a ser negativo. De estas dos variables, hay que destacar la del mercado, ya que el precio de bajar, bajaría para cualquier caso (con o sin proyecto) y es más, con proyecto se cuenta con un margen mayor de utilidades los que ayudaría a sostener las ganancias, pero una situación negativa de mercado puede producirse exclusivamente para este proyecto

(aunque también puede producirse de forma general), ya que puede ser provocado por el hecho de que la tecnología no logra penetrar de la forma que se esperaba. Es por esto, que se hace fundamental contar con una estrategia de entrada que sea planificada y adecuada al mercado, de forma de minimizar este riesgo específico para el proyecto.

Otra variable a considerar es la de costos de producción. Si bien esta variable no tiene un efecto tan grande como las anteriores dos, si es considerable como afecta el proyecto. Eso si hay que considerar que en la práctica, la gran diferencia de costos de producción que se produce entre la situación con proyecto y sin proyecto es el material con que se realizan las tintas. Ante esto, frente a un aumento de los costos de producción, es muy probable que éstos aumenten con o sin proyecto, excepto que sea un aumento del precio del cobre. Aún así, la gran diferencia de precio entre el cobre y la plata (como ya se ha mencionado anteriormente una diferencia que está en la razón 1:100) provocaría que el proyecto seguiría siendo muy rentable.

En definitiva, si bien hay variables que pueden provocar dejar de percibir importantes ingresos, el proyecto en toda instancia tiende a generar beneficios que son atractivos para la parte privada, más aún considerando que no se necesitan grandes inversiones y que éstas serían recuperadas de manera bastante rápida.

8. Síntesis del Trabajo

A través de este estudio, se ha realizado una valuación de una nueva tecnología desarrollada por el CEDENNA, correspondiente a la producción de nano-partículas en base cobre, que con costos de producción significativamente menores (correspondientes a un 30%) y con desempeños similares, remplacen a las nano-partículas de plata en la producción de tintas para la impresión de celdas solares con tecnología *ink-jet*. Esta valuación ha sido enfrentado desde una perspectiva diferente a la de una valuación típica, ya que al no estar desarrollada la tecnología son otras las incertidumbres asociadas al proyecto.

A priori, y sin ser el objetivo ni la intención de este trabajo analizar y/o evaluar al CEDENNA, se puede apreciar que éste es un centro lo suficientemente preparado y especializado para llevar a cabo un proyecto de la magnitud que se plantea, ya que cuenta con los recursos necesarios, los apoyos de entidades relacionadas con el tema y con investigadores que han demostrado durante años sus capacidades en el desarrollo de nuevas tecnologías.

Una de las principales limitantes a la introducción y masificación de la tecnología fotovoltaica de generación de energía ha sido el alto costo de producción de las celdas, lo cual la ha hecho menos competitiva que otras formas de generación de energía. Entonces, el uso y aprovechamiento de la energía solar es altamente dependiente de la reducción de costos en la fabricación de los paneles fotovoltaicos.

Las oportunidades de mercados son claras, las proyecciones del mercado de tintas de plata para el año 2015 son de 1270 toneladas, que irán creciendo de forma paralela al crecimiento que tengan los paneles fotovoltaicos (futuros pronósticos hablan de un crecimiento anual de entre un 25 y un 50% en las instalaciones solares a nivel mundial). Considerando las tasas de adopción de las nano-partículas de plata y el remplazo de éstas por las de cobre, y asumiendo una postura conservadora, se proyecta alcanzar en un principio 0,57 toneladas, para llegar hasta cerca de las 200 toneladas.

Para establecer el precio de la tecnología, y considerando el hecho de que ésta recién se está desarrollando, se proponer un cobro mixto, compuesto de un pago inicial y una tasa de *royalty* sobre las ventas. Para el pago inicial se recomienda un cobro de \$80.000.000, que hace que el riesgo inicial (es decir, las pérdidas si no se logra desarrollar el proyecto) sea en parte compartido por la parte privada. La tasa de *royalty* recomendada es de un 3.5%, tasa que se justifica en que el centro de investigación reciba parte importante del valor agregado que tendrá la empresa privada por la

tecnología (con esta tasa, el centro de investigación recibe sobre un 25% del valor agregado).

Sin embargo hay que considerar que este precio es referencial para el centro de investigación, y que hay variables dentro de la negociación que podrían dificultar llegar a esa tasa. Es precisamente este hecho una de las justificaciones de este trabajo, ya que pretende dar mayores herramientas al CEDENNA en el momento de negociar y a través del entendimiento de los ingresos potenciales y de las distintas variables, dar entender mejor su posición y los beneficios para ambas partes.

El precio de referencia para las tintas de nano-partículas de cobre es de 1,89 US\$ / gr de tinta. Para el caso de las partículas de cobre se usa un precio 10% menor (es decir, 1,70 US\$ / gr de tinta) para justificar que se realice el remplazo del producto. Pero considerando que hay una reducción de un 30% de los costos de producción, el margen sobre el precio que se tiene con la tecnología es mayor. Así, con proyecto el precio puede llegar a bajar hasta 1.12 US\$ / gr de tinta (es decir tiene un margen de 0.77 US\$), mientras que sin proyecto 1.52 US\$ / gr de tinta (es decir tiene un margen de 0.37 US\$). Básicamente, esto le permite tres cosas al centro privado. Primero, tener un mayor colchón para reaccionar frente a bajas de precio por presiones provenientes desde la misma industria. Segundo, tener una ventaja competitiva al contar con un mayor margen para competir con precios. Tercero, contar con un mayor margen para optimizar las ventas (usando la elasticidad precio demanda).

Con las condiciones de pago planteadas (pago inicial y tasa de *royalty*), el VAN para la empresa privada es de MM\$31,194.32, mientras que para el centro de investigación el VAN es de MM\$ 3,081.00. Queda claro que el proyecto es altamente atractivo tanto para la empresa privada como para el centro de investigación.

Dentro del trabajo se revisaron ciertos aspectos que son fundamentales que estén bien estructurados para que el proceso pueda ser desarrollado y el centro de investigación reciba las ganancias respectivas. Así, se puede observar que la estructuración de las patentes y la transferencia apuntan a proteger la propiedad intelectual del CEDENNA, y que además se apoya en personas e instituciones expertas en negociación y transferencia electrónica. Esto, sumado a un grupo de investigadores con vasta experiencia y compromiso con el desarrollo de tecnologías, más una red de apoyo importante de universidades e instituciones, conforman un escenario favorable para llevar a cabo el proyecto.

Al hacer una simulación (a través del método de Montecarlo) se puede apreciar el efecto que puede tener distintas situaciones. Al ponerse en una situación en que el precio, las ventas y el tipo de cambio son menores a lo esperado y los costos mayores a lo esperado, se puede apreciar que el proyecto puede llegar a tener pérdidas por más de MM\$3,000. Esta cifra puede preocupar, pero hay que considerar que se basa en una

situación no muy probable, en que durante 6 años todas las variables aleatorias del proyecto están siendo negativas. Entonces, esta situación habría que plantearla como una cota mínima para el proyecto. Ahora, analizando una situación más favorable, el proyecto podría llegar a tener ganancias mucho más favorables, llegando a cifras sobre los MM\$60,000. Nuevamente, este escenario es el menos probable y habría que considerarlo como una cota máxima de ganancias para el proyecto.

Poniéndose en situaciones que podrían afectar la rentabilidad y el valor del VAN del proyecto, como que no se consiga financiamiento, se necesita más financiamiento, el proyecto se retrase, o que los privados exijan una tasa de descuento más alta (con el fin de castigar el riesgo presente), se puede observar que si bien hay una reducción del valor del VAN, el proyecto sigue siendo atractivo. Para los casos en que no se consigue financiamiento y/o se necesite más, aún poniéndose en el peor de los casos (en que no se consigue financiamiento y además se necesita el doble de financiamiento), el VAN del centro de investigación baja de MM\$3,081 a MM\$2,317, que si bien es un valor considerable, sigue siendo una ganancia importante para el CEDENNA. Para el caso de que se retrase el proyecto un año (debido a dificultades tecnológicas o productivas), las pérdidas pueden llegar a ser altas, pero aún así el VAN sigue siendo negativo. Obviamente, lo ideal es evitar a toda costa retrasos en el proyecto ya que, además de que se tendrán implicancias negativas monetariamente, los riesgos de que su ciclo de vida sean menores son altos (debido a la obsolescencia de la tecnología). En la situación de que el privado exija tasas de descuento mayores, si bien el VAN privado puede llegar a tener reducciones importantes, el proyecto sigue siendo altamente atractivo. Así, para un tasa de descuento del 20%, el VAN privado es de MM\$12,785 y para una tasa de descuento del 30% es de MM\$5,518, ambos valores interesantes y atractivos para el privado.

El uso de Montecarlo también confirma el hecho de que las variables ventas, precio y costos de producción tienen un alto impacto en el valor del proyecto. Si bien esto es intuitivo, y no se necesario hacer una simulación para llegar a esa conclusión, si es importante entender el efecto que tienen sobre el valor del proyecto.

Al observar la variable precio, se puede observar que para la situación pesimista en que las ventas en promedio son un 24% menor, el VAN privado baja en casi MM\$12,000. Para el caso en que las ventas son un 10% menor, el VAN baja en casi MM\$5,000. Al contrario, se observa que para ventas promedio un 10% mayor el VAN sube en casi MM\$5,000.

Para la variable precio, en una situación pesimista en que el precio es casi un 22% menor (es decir 1.34 US\$ / gr) las pérdidas son mayores a los MM\$18,000. Para un precio casi 12% menor (es decir 1,5 US\$ / gr), la pérdida de valor es de más de MM\$10,000. Al contrario, para el caso en que el precio es un 5.8% mayor, las

ganancias son de casi MM\$5,500 y en el que el precio es de un valor mayor a 11% la ganancia asciende a casi MM\$10,000.

Ahora, si se analiza ambas variables juntas, en el caso de que las ventas sean menores en un 24% y el precio un 22% menor, las pérdidas serían de más de MM\$26,000. Si las ventas son un 10% menor y el precio un 12% menor, las pérdida de valor del VAN asciende a más de MM\$14,000.

En el caso de los costos, se puede observar que los costos de producción e insumos son los que mayor injerencia tienen en el proyecto. Al ver como todos los costos influyen en el proyecto, se observa que un aumento en todos los costos de un 24% implica una pérdida de casi MM\$13,000; un aumento en todos los costos de un 10% implica una pérdida de más de MM\$5,500. Al ver un aumento de un 24% en los costos de producción e insumos, el VAN disminuye en más MM\$10,000, mientras que para un aumento de un 24% de los otros costos, el VAN disminuye en casi MM\$3,500.

En el caso del tipo de cambio, se observa que para una baja del tipo de cambio a \$481,5, es decir un valor casi un 4% menor las pérdidas serían menores a los MM\$2,000. Para un tipo de cambio de \$490, es decir un 2% menor, la pérdida de valor es de aproximadamente MM\$700. Al contrario para un valor de \$520, es decir un 4% mayor, las ganancias ascienden a menos de MM\$1,000.

En definitiva, queda claramente que las variables con mayor influencia en el proyecto son el precio, la cantidad vendida y el costo de producción e insumo. Es en este sentido, que el proyecto tecnológico desarrollado por el CEDENNA toma una gran importancia, ya que apunta precisamente a una reducción en los costos de producción (la relación entre el precio del cobre y la plata es de 1:100), que a la vez tendrá un efecto de un mayor margen de beneficios, lo que permitirá tener mayor flexibilidad en el precio y en la elasticidad demanda.

9. Conclusiones y Recomendaciones

Como conclusión del trabajo de valuación de la nueva tecnología de Tintas de Nano Partículas de Base Cobre para Paneles Fotovoltaicos, que está siendo desarrollada por el Centro para el Desarrollo de la Nano-ciencia y la Nano-tecnología, se pueden extraer las siguientes ideas:

A través de la metodología propuesta, que considera el contexto y la etapa de desarrollo de la tecnología, el riesgo y la incertidumbre presente, los métodos seleccionados para realizar la valuación son:

1. Mercado: ya que se cuenta con información de una tecnología similar desarrollada por la empresa PV NanoCell.
2. Tasa de *royalty*: que permite compartir el riesgo y absorber parte de las ganancias futuras.
3. VAN: que es el método típico y permite tener una base de comparación.
4. Montecarlo: ya que el riesgo (variabilidad de los resultados) existente es alto, pero la incertidumbre (variabilidad de las decisiones) es menor.

Se establece que un valor justo de la tecnología corresponde a un pago inicial de 80 millones de pesos (que permite compartir el riesgo inicial) y una tasa de *royalty* de 3.5% (tasa que permite que el centro de investigación reciba un 25% del valor agregado del proyecto). Se recomienda que a la hora de negociar el cobro sea similar al mencionado acá.

Haciendo uso de los cobros mencionados anteriormente, el valor de la tecnología para la empresa privada asciende sobre los 31,000 millones de pesos, valor que supera con creces a la situación de la empresa privada sin proyecto (valor sin proyecto es menor a los 20,000 millones de pesos). La TIR para la empresa privada es de 82%. Igualmente, el valor de la tecnología para el centro de investigación es sobre los 3,000 millones de pesos. Los valores obtenidos, tanto para la empresa privada como para el centro de investigación, son valores que a priori deberían ser atractivos para ambas partes.

A través de análisis de sensibilidad y Montecarlo se estudiaron el efecto de distintas variables: tiempo de desarrollo, llegada de la tecnología al mercado, financiamiento, mercado, precio, beneficios, costos, tipo de cambio y tasa de descuento.

La variable tiempo de desarrollo tiene un impacto alto en el proyecto y, por ejemplo, un año menos de ventas implica una reducción del valor del VAN de casi 10,000 y 1,000 millones de pesos para el privado y el centro de investigación

respectivamente. El caso de que no se logre introducir la tecnología al mercado (por diversas causas) las pérdidas sólo superarían los 300 millones de pesos. La variable financiamiento no tiene un efecto tan alto, e incluso considerando una situación en que no se consigue financiamiento y se requiere una inversión mayor (el doble de lo presupuestada), el valor de VAN para el centro de investigación supera los 2,300 millones de pesos.

Dentro de las variables estudiadas, las más críticas son las ventas realizadas, el precio a cobrar y los costos asociados (ésta última en menor medida). Las pérdidas en situaciones negativas (para estas variables en conjunto) pueden ser, en promedio, de 3,000 millones de pesos, y pudiendo llegar incluso a pérdidas sobre los 20,000 millones de pesos.

Las variables tipo de cambio y tasa de descuento, si bien tienen un efecto sobre el valor del proyecto, no son por sí solas capaces de hacer que el proyecto deje de ser atractivo.

A partir de la revisión bibliográfica y experiencia desarrollada en este trabajo (metodología, preguntas que deben ser realizadas, métodos existentes, selección de métodos, desarrollo de valuación), se puede extraer una base para un futuro desarrollo de una metodología de valuación para el CEDENNA.

Para un futuro trabajo se recomienda realizar los siguientes puntos:

1. Levantar información sobre pagos iniciales y *royalty* pagados por industria en Chile.
2. Levantar información sobre la elasticidad precio-demanda de las tintas para paneles fotovoltaicos.
3. Desarrollo de las probabilidades de éxito, fracaso, atraso y otras variables en el desarrollo de proyectos tecnológicos en Chile.
4. Estudiar la distribución de probabilidades de las distintas variables y como éstas se encuentran correlacionadas.
5. Valuación de futuras aplicaciones de la tecnología. Un negocio de alto potencial, no considerado en este proyecto, es la extensión de la aplicación de los resultados a la fabricación de circuitos impresos, con tintas producidas con nanopartículas de base cobre.
6. Desarrollo de una metodología de valuación para el CEDENNA, que sirva como una guía de acuerdo a las características y necesidades del centro y sus proyectos.

Con esto se puede dar por satisfecho el objetivo de hacer una valuación de la nueva tecnología desarrollada por el CEDENNA, entregando un valor tanto para la empresa privada como para el centro de investigación. También se logró entender

como las distintas variables influyen en el proyecto y entregar un precio referencial, que en conjunto, den las herramientas al CEDENNA para negociar. Finalmente, las revisiones bibliográficas y el análisis realizado sientan las bases para el desarrollo de una metodología para el CEDENNA. Así, se puede dar por cumplidos todos los objetivos buscado por este trabajo.

Para terminar, se destaca lo atractivo y la gran oportunidad que representa este proyecto, ya que tiene beneficios potenciales altos, las pérdidas si es que se fracasa en el desarrollo son en comparación (con respecto a los beneficios esperados) bajas, la inversión es recuperada de forma rápida y además se coopera con el desarrollo de I+D en el país y con el uso de energías renovables, ambos temas claves para el país y el Mundo.

10. Bibliografía

- Anson, W. (2010). *Valuation of Patents and Technology: Fundamentals of Intellectual Property Valuation*.
- Aoki, R., & Schiff, A. (2008). Promoting access to intellectual property: patent pools, copyright collectives, and clearinghouses. *R&D Management*, 189 - 204.
- Baek, D.-H., Sul, W., Hong, K.-P., & Kim, H. (2007). A technology valuation model to support technology transfer negotiations. *R&D Management*, 123 - 138.
- Bailey, M. D., & Sporleder, T. L. (2000). *The Real Options Approach to Evaluating a Risky Investment*. *Cooperative Finance Issues*. Las Vegas: The Ohio State University.
- Banco Central. (2012, Enero). *Encuesta Mensual de Expectativas Económicas*. Santiago, Chile.
- Benavente, J. M. (2004). *Innovación Tecnológica en Chile*. Santiago: Banco Central de Chile.
- Bowler, D., & Rodríguez-Prieto, A. (2009). Ab initio study of subsurface diffusion of Cu on the H-passivated Si(001) surface. *Physical Review*.
- Bucher, P., Birkenmeier, B., Brodbeck, H., & Escher, J. -P. (2003). Management principles for evaluating and introducing disruptive technologies: the case of nanotechnology in Switzerland. *R&D Management*, 149 - 163.
- CEDENNA. (2010). *CEDENNA*. Retrieved Noviembre 6, 2011, from www.cedenna.cl
- Chen, Y. G., & Li, Y.-R. (2006). *Managing the Technology Evaluation Process*.
- CNIC. (2010). *Agenda de Innovación y Competitividad:2010 - 2020*. Santiago: Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad.
- Comisión Nacional de Energía & Dalberg. (2008). *Contexto y Enseñanzas Internacionales para el Diseño de una Estrategia Energética a Largo Plazo para Chile*. Santiago.
- Comisión Nacional de Energía. (2008). *Política Energética: Nuevos Lineamientos*. Santiago.
- CONICYT. (n.d.). *Financiamiento Basal*. Retrieved Enero 18, 2012, from CONICYT: <http://www.conicyt.cl/573/propertyvalue-2440.html>

- Credit Suisse. (2012). *Commodities Forecast Update: From Fear Flows Opportunity*. Zurich.
- Curtis, C., Alleman, J., Perkins, J., Ginley, D., Kaydanova, T., & Miedaner, A. (2003). Ink Jet Printing Approaches to Solar Cell Contacts. *NREL Conference paper*. Colorado.
- Curtis, C., Miedaner, A., Pasquarelli, R., Kadanova, T., Hersh, P., & Ginley, D. (2008). Direct-Write Contacts: Metallization and Contact Formation. *NREL Presented 33rd IEEE Photovoltaic Specialists Conference*. San Diego.
- Curtis, C., Rivkin, T., Miedaner, A., Alleman, J., Perkins, J., Smith, L., et al. (2001). Metallizations by Direct-Write Inkjet Printing. *NREL Conference paper*.
- Dirección de Presupuestos del Gobierno de Chile. (2011). *Acta resultados del comité consultivo del precio de referencia del cobre 2011*. Santiago.
- Dixit, & Pindyck. (1995). The Options Approach to Capital Investment. *Harvard Business Review*.
- Dong, T.-Y. (2006). *Superlattice of Octanethiol-Protected Copper Nanoparticles*. Langmuir.
- Euroresidentes. (2000). *Euroresidentes*. Retrieved Octubre 24, 2011, from http://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/nanotecnologia_que_es.htm
- Foladori, G., & Fuentes, V. (2007). *Nanotecnología en Chile ¿hacia una economía del conocimiento?*
- Garrido Concha, I. A., & Andalaft Chacur, A. (2003). *Evaluación Económica de Proyectos de Inversión Basada en la Teoría de Opciones Reales*. Concepción.
- Global Energy Institute Network. (2010). *GENI*. Retrieved Octubre 28, 2011, from <http://www.geni.org/globalenergy/library/renewable-energy-resources/solarbig.shtml>
- Global Energy Network Institute. (2009). *El Potencial de América Latina con Referencia a la Energía Renovable*.
- GreenFacts. (2007). *GreenFacts*. Retrieved Octubre 16, 2011, from <http://copublications.greenfacts.org/es/nanotecnologias/index.htm>
- Grouchko, M., & Kamyshny, A. (2010). Copper Nanoparticles for Printed Electronics: Routes Towards Achieving Oxidation Stability. *Materials*, 4626-4638.

- Jacobson, M. (2011, Mayo 1). Standfor University: The world can be powered by alternative energy. (L. Bergeron, Interviewer)
- Kalidindi, S., Sanyal, U., & Jagirdar, B. (2010). *Metal nanoparticles via the atom-economy green approach*. Inorg. Chem.
- Kamyshny, A., Ben-Moshe, M., Aviezer, S., & Magdassi, S. (2005). Printing of Metallic Nanoparticles and Microemulsions. *Macromolecular Rapid Communications*, 26, 281 - 288.
- Katila, R., & Mang, P. (2003). Exploiting Technological Opportunities: The Timing of Collaborations (Stanford Technology Ventures Program). *Research Policy*, 32(2), 317-332.
- Kawasaki, G. (2004). *The Art of the Start*. Portfolio.
- Kim, J., Kang, S., & Kang, Y. (2009). *Facile Synthesis of Copper Nanoparticles by Ionic Liquids and Its*. Ind. Eng. Chem. Res.
- Lasagabaster, E. (2009). *Chile: Fostering Technology Transfer*. The World Bank.
- Lee, H.-H., Chou, K.-S., & Huang, K.-C. (2005). *Inkjet printing of nanosized silver colloids*. Nanotechnology.
- Liu, H.-C., Chuang, C.-P., Chen, Y.-T., & Du, C.-H. (n.d.). Inkjet Printing for Silicon Solar Cells. *Air & Soil Pollution: Focus*, 9(5 - 6), 495 - 498.
- Ludwigs, A. (2007). *New Concepts for Front Side Metallization of Industrial Silicon Solar Cells, Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades*.
- Luechinger, N., Athanassiou, E., & Stara, W. (2008). *Graphene-stabilized copper nanoparticles as an air-stable substitute*. Nanotechnology.
- Moore, G. A. (1991). *Crossing The Chasm*. PerfectBound.
- Mott, D., Engelhard, M., Loukrakpam, R., & Chang, P. (2010). *From Ultrafine Thiolate-Capped Copper Nanoclusters toward Copper Sulfide Nanodiscs: A Thermally Activated*. Chem. Mater.
- Müller-Steinhagen, H., & Trieb, F. (n.d.). *A review of the Concentrating solar power*. Stuttgart: Institute of Technical Thermodynamics.
- Mullins, J. W. (2009). *Getting to Plan B*. London Business School.
- Nanomarkets. (2007). *Silver Powders and Inks for Printable Electronics: 2007-2014*.

- Nelsen, L. (2007). Evaluating Inventions from Research Institutions. In Varios, *Intellectual property management in health and agricultural innovation: A handbook of best practices* (pp. 795 - 804). MIHR, PIPRA, Oswaldo Cruz Foundation, and bioDevelopments-International Institute.
- Potter, R. H. (2007). Technology Valuation: An Introduction. In Varios, *Intellectual property management in health and agricultural innovation: A handbook of best practices*. (pp. 805 - 812). MIHR, PIPRA, Oswaldo Cruz Foundation, and bioDevelopments-International Institute.
- Pulkkinen, P., Shan, J., Leppänen, K., Käsäkoski, A., Laiho, A., & Tenhu, H. (2009). *Poly(ethylene imine) and Tetraethylenepentamine as Protecting Agents for Metallic Copper Nanoparticles*. Applied Materials Interfaces.
- Razgaitis, R. (2007). Pricing the Intellectual Property of Early-Stage Technologies: A primer of Basic Valuation Tools and Considerations. In Varios, *Intellectual property management in health and agricultural innovation: A handbook of best practices* (pp. 813 - 860). MIHR, PIPRA, Oswaldo Cruz Foundation, and bioDevelopments-International institute.
- Razgaitis, R. (2009). *Valuation & Dealmaking of Technology-Based Intellectual Property*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Rodriguez-Prieto, A., & Bowler, D. R. (2009). Ab initio study of subsurface diffusion of Cu on the H-passivated Si(001) surface. *Physical Review*.
- Santibañez, E. (2010). Clases de Gestión de la Innovación y Emprendimiento Tecnológico. Santiago.
- SII. (n.d.). *SII Online*. Retrieved Enero 31, 2012, from NUEVA TABLA DE VIDA UTIL DE LOS BIENES FISICOS DEL ACTIVO INMOVILIZADO: http://www.sii.cl/pagina/valores/bienes/tabla_vida_enero.htm
- Trigeorgis. (1996). *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*. MIT Press.
- U.S. Energy Information Administration. (2011). *Annual Energy Outlook 2011*. Washington.
- Yildirim, H., Kara, A., & Rahman, T. (2009). Structural, vibrational and thermodynamic properties of Ag_nCu_{34-n} nanoparticles. *Journal of Physics: Condens*.

11. Anexos

11.1 Anexo 1: Características del Programa de Financiamiento Basal para Centros Científicos y Tecnológicos de Excelencia (PFB)

El Programa de Financiamiento Basal para Centros Científicos y Tecnológicos de Excelencia, surge en el año 2006 como una iniciativa del Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad (CNIC).

Este programa permite otorgar a grupos nacionales conformados por investigadores de destacada trayectoria, insertos en universidades y/o centros científicos independientes, un financiamiento que garantice que la investigación básica y tecnológica que llevan a cabo, se enfoque a aumentar la competitividad de la economía chilena, cuyos motores son la calidad del capital humano avanzado, el conocimiento y la innovación.

Se espera, a través del apoyo a las actividades de investigación de grupos nacionales de investigación constituidos en Centros Científicos y Tecnológicos de Excelencia, aumentar la competitividad de la economía chilena a través de la innovación científica y tecnológica y, además de la excelencia científica y tecnológica, considerar aspectos tales como la capacidad científica y tecnológica colaborativa regional; la vinculación con las necesidades productivas del desarrollo nacional y su contribución al mejoramiento de la competitividad de la economía chilena; la capacidad de conseguir financiamiento de fuentes distintas a las fiscales concursables, de tal modo de avanzar hacia un mayor equilibrio entre el financiamiento público y el aporte privado; el trabajo en redes abiertas, tanto nacionales como internacionales, proyectando las capacidades científicas, el empaquetamiento y la transferencia tecnológica del conocimiento, sea a través de alianzas con el sector productivo, o la comercialización de patentes y el licenciamiento de éstas; y por último, la capacidad de apoyar a la formación de una cultura científica en la comunidad nacional.

El Primer Concurso Nacional en Diciembre 2007 adjudicó los primeros 8 Centros:

1. Centros de Estudios Científicos.
2. Centro de Modelamiento Matemático.
3. Centros de Astrofísica y Tecnologías Afines.
4. Centro de Envejecimiento y Regeneración.
5. Fundación Ciencia para la Vida.
6. Instituto de Ecología y Biodiversidad.
7. Unidad de Desarrollo Tecnológico de la Universidad de Concepción.
8. Centro de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sur Austral.

En el segundo Concurso Nacional en Marzo 2008 adjudicó 5 nuevos Centros:

1. Centro para el Desarrollo de la Nano-ciencia y Nano-tecnología.
2. Centro de Tecnología para la Minería.
3. Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería.
4. Centro Científico y Tecnológico de Valparaíso.
5. Centro de Óptica y Fotónica.

Fuente: (CONICYT)

11.2 Anexo 2: Resultados del Comité Consultivo del Precio de Referencia del Cobre³²

Como parte del proceso de elaboración de la Ley de Presupuestos del Sector Público del año 2012, el 04 de agosto de 2011 se reunió en las dependencias del Ministerio de Hacienda el Comité Consultivo del Precio de Referencia del Cobre. Las estimaciones de cada miembro del Comité sobre el precio promedio de la libra de cobre para el período 2012-2021 se presentan a continuación, en orden ascendente:

Estimación	Precio Promedio del Cobre (US\$/lb)
1	266,0
2	273,1
3	274,6
4	274,8
5	281,5
6	290,0
7	292,0
8	293,1
9	297,8
10	301,6
11	311,5
12	313,7
13	318,0
14	338,0
15	366,6
16	371,5

³² Fuente: (Dirección de Presupuestos del Gobierno de Chile, 2011).

La metodología ocupada por el banco central es promediar entre sí las estimaciones de cada experto, excluyendo las dos observaciones extremas, que correspondieron a 266,0 US\$/Lb y a 371,5 US\$/Lb. Así se obtiene un promedio aritmético aproximado al entero más cercano igual a 301,9 US\$/Lb. De esta manera, el precio de referencia del cobre para la estimación del Balance Estructural del Sector Público en el año 2012 quedó fijado en 302 US\$/lb (moneda de 2012).

11.3 Anexo 3: Precio a Largo Plazo de la Plata

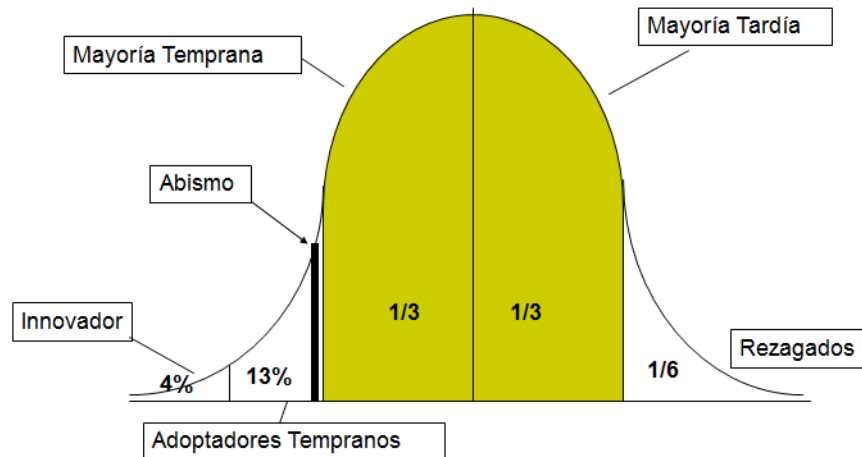
Precio a largo plazo de la plata basado en los precios reales del 2011:

Periodo	US\$/oz
1Q - 11	31.96
2Q - 11	38.25
3Q - 11	38.87
4Q - 11	31.81
2011	35.2
1Q - 12	30
2Q - 12	31.6
3Q - 12	34.3
4Q - 12	35.4
2012	32.8
2013	31.2
2014	23.8
2015	22.5
Largo Plazo	21.7

Fuente: (Credit Suisse, 2012)

11.4 Anexo 4: Curva de Moore de Adopción de Tecnología ³³

El modelo describe la penetración en el mercado de cualquier producto de nueva tecnología en términos de una progresión en los tipos de consumidores que atrae a lo largo de su vida útil:



Los grupos se distinguen entre sí por sus características de respuesta a una innovación basada en una tecnología nueva. Cada grupo representa un perfil combinado de psicología y demografía que hace que tengan distintas respuestas de marketing a la de los otros grupos. La comprensión de cada perfil y su relación con sus vecinos es un componente crítico de la tradición de marketing de alta tecnología.

Los innovadores persiguen agresivamente productos de nuevas tecnologías. A veces los buscan incluso antes de que un programa de comercialización formal sea puesto en marcha. Esto es así porque la tecnología es un interés central en su vida, independientemente de cuál es la función que está realizando. En el fondo están intrigados con cualquier avance fundamental y, a menudo, hacen una compra de tecnología simplemente por el placer de explorar las propiedades del nuevo dispositivo. No hay muchos innovadores en cualquier segmento de mercado, pero ganárselos en el inicio de una campaña de marketing es la clave debido a que su respaldo asegura a los otros jugadores en el mercado que el producto funciona.

Los adoptadores tempranos, así como los innovadores, compran el producto muy temprano en su ciclo de vida, pero a diferencia de los innovadores, no son “tecnologistas”. Más bien son personas que les resulta fácil de imaginar, comprender y apreciar los beneficios de una nueva tecnología, y pueden relacionar estos beneficios potenciales a sus preocupaciones. Los adoptadores tempranos no basan sus

³³ (Moore, 1991).

decisiones de compra en las referencias, prefiriendo confiar en su propia intuición y visión. Este segmento es clave para abrir segmento de mercado de alta tecnología.

La mayoría temprana comparten algunos principios de los adoptadores tempranos para relacionarse con la tecnología, pero al final se dejan llevar por un fuerte sentido de lo práctico. Ellos saben que muchos de estos inventos novedosos terminan como modas pasajeras, por lo que están dispuestos a esperar y ver cómo otras personas lo usan antes de comprar por sí mismos. Ellos quieren ver bien establecidas las referencias antes de invertir sustancialmente. Debido a que hay tantas personas en este segmento, aproximadamente una tercera parte de la vida de todo el ciclo de adopción está en esta parte clave del negocio.

La mayoría tardía comparte todas las preocupaciones de la mayoría temprana, además de una adicional importante: mientras que la gente en la mayoría temprana se siente cómodo con su capacidad para manejar un producto con una nueva tecnología (que facilita su decisión para comprarlo), los miembros de la mayoría tardía no. Como resultado, esperan hasta que algo se ha convertido a un estándar establecido, y aún así quieren ver un montón de referencias y tienden a comprar cuando están establecidos en grandes empresas. Al igual que la mayoría temprana, este grupo está compuesto por alrededor de un tercio de la población total en la compra de un segmento dado. Lograr llegar a ellos es muy rentable en efecto, porque si bien los márgenes de ganancia disminuyen a medida que los productos maduran, también lo hacen los costes de venta, y prácticamente todos los gastos de I + D se han amortizado.

Por último, están los rezagados. Estas personas simplemente no quieren tener nada que ver con las nuevas tecnologías, por una variedad de razones (algunas personales y otras económicas). Generalmente son considerados como que no vale la pena negociar con ellos.

Este perfil es la base misma del modelo de marketing de alta tecnología. Este modelo dice que la manera de desarrollar un mercado de alta tecnología es trabajar en la curva de izquierda a derecha, centrándose primero en los innovadores luego, cuando haya crecido el mercado, pasar a los primeros usuarios y así sucesivamente, a la mayoría temprana, mayoría tardía, e incluso a los rezagados. Por lo tanto, el respaldo de los innovadores se convierte en una herramienta importante para el desarrollo de un campo de credibilidad a los primeros usuarios, y de los primeros usuarios a la primera mayoría, y así sucesivamente.

11.5 Anexo 5: Detalle Variación VAN Privado v/s Tasa de Descuento

Tasa	VAN
0.03	MM \$ 60,710.18
0.04	MM \$ 55,067.87
0.05	MM \$ 49,992.03
0.06	MM \$ 45,421.30
0.07	MM \$ 41,301.47
0.08	MM \$ 37,584.56
0.09	MM \$ 34,228.07
0.1	MM \$ 31,194.32
0.11	MM \$ 28,449.85
0.12	MM \$ 25,964.93
0.13	MM \$ 23,713.09
0.14	MM \$ 21,670.78
0.15	MM \$ 19,817.00
0.16	MM \$ 18,132.98
0.17	MM \$ 16,602.00
0.18	MM \$ 15,209.07
0.19	MM \$ 13,940.79
0.2	MM \$ 12,785.16
0.21	MM \$ 11,731.42
0.22	MM \$ 10,769.89
0.23	MM \$ 9,891.91
0.24	MM \$ 9,089.67
0.25	MM \$ 8,356.14
0.26	MM \$ 7,685.01
0.27	MM \$ 7,070.58
0.28	MM \$ 6,507.70
0.29	MM \$ 5,991.74
0.3	MM \$ 5,518.50

11.6 Anexo 6: Encuesta Mensual de Expectativas Económicas

Inflación (variaciones IPC, %)	Mediana	Decil 1	Decil 9	N° respuestas
Enero 2012 (variación mensual)	0.2	0.0	0.3	60
Febrero 2012 (variación mensual)	0.1	0.0	0.2	59
Diciembre 2012 (variación 12 meses)	3.0	2.7	3.4	60
Diciembre 2013 (variación 12 meses)	3.0	3.0	3.2	59
Tasa de Política Monetaria (%) (*)	Mediana	Decil 1	Decil 9	N° respuestas
Enero 2012	5.25	5.00	5.25	60
Febrero 2012	5.00	4.75	5.25	60
Junio 2012	4.50	4.00	5.00	60
Diciembre 2012	4.25	3.75	4.75	60
Mayo 2013	4.50	4.00	5.50	57
Diciembre 2013	5.00	4.20	5.75	58
Tasa BCU 5 años (%) (*)	Mediana	Decil 1	Decil 9	N° respuestas
Marzo 2012	2.3	2.0	2.5	54
Diciembre 2012	2.5	1.8	2.7	54
Diciembre 2013	2.6	2.0	2.9	54
Tasa BCP 5 años (%) (*)	Mediana	Decil 1	Decil 9	N° respuestas
Marzo 2012	5.1	4.9	5.5	54
Diciembre 2012	5.3	4.6	5.7	54
Diciembre 2013	5.5	4.7	5.9	53
Tipo de Cambio (\$ por US\$1) (*)	Mediana	Decil 1	Decil 9	N° respuestas
Marzo 2012	510	500	525	58
Diciembre 2012	519	490	536	58
Diciembre 2013	520	490	542	56
IMACEC (variaciones 12 meses)	Mediana	Decil 1	Decil 9	N° respuestas
Diciembre 2011 (variación 12 meses)	4.0	3.4	4.5	60
PIB (variaciones 12 meses)	Mediana	Decil 1	Decil 9	N° respuestas
2012 T1 (variación 12 meses)	3.8	3.0	4.5	59
Año 2011 (variación anual)	6.2	5.8	6.3	60
Año 2012 (variación anual)	4.0	3.5	4.7	60
Año 2013 (variación anual)	5.0	4.0	5.5	60

Fuente: (Banco Central, 2012)