

PROYECTO FONDEF DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

**INFORME FINAL**

**TITULO DEL PROYECTO:** DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL PARA EL DISEÑO Y EVALUACION DE CONJUNTOS URBANOS RESIDENCIALES EN BASE A CRITERIOS URBANISTICOS, DE EFICIENCIA ENERGETICA, CICLO DE VIDA Y SOSTENIBILIDAD

**CÓDIGO DEL PROYECTO:** ID14I10208

**FECHA DE EMISION:** 13/10/2017

FIRMA DEL (DE LA) DIRECTOR(A) DEL PROYECTO  
Luis Enrique Merino Quilodran

# I. Acta De Término Del Proyecto

## 1.1 Identificación del proyecto

TITULO DEL PROYECTO	DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL PARA EL DISEÑO Y EVALUACION DE CONJUNTOS URBANOS RESIDENCIALES EN BASE A CRITERIOS URBANISTICOS, DE EFICIENCIA ENERGETICA, CICLO DE VIDA Y SOSTENIBILIDAD
CÓDIGO FONDEF	ID14I10208
DIRECTOR(A) DEL PROYECTO	Luis Enrique Merino Quilodran
INSTITUCIÓN(ES) BENEFICIARIA(S)	UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
EMPRESA Y OTRAS ENTIDADES ASOCIADAS	FUNDACION UN TECHO PARA CHILE INMOBILIARIA ACPE

## 1.2 Ejecución del proyecto

FECHA DE TOMA DE RAZON POR LA CONTRALORÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA	26/12/2014
DURACIÓN CONTRACTUAL	24
FECHA EFECTIVA DE INICIO	01/04/2015
FECHA EFECTIVA DE TÉRMINO	31/03/2017
DURACIÓN EFECTIVA	24

### 1.3 Plan de Continuidad

Nombre Institución Beneficiaria	Nombre Representante Legal	Firma
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION	CARLOS LORENZO GONZALEZ CORREA	Firma Electrónica

#### 1.4 Tabla de Conformidad

Nombre Institución Empresa u Otra Entidad Socia	Nombre Representante Legal	Documento conformidad
FUNDACION UN TECHO PARA CHILE		Si
INMOBILIARIA ACPE		Si

## II. Informe Ejecutivo

### 2.1 Resumen Ejecutivo

Versión en Castellano

Los objetivos de Desarrollo del milenio, planteados desde las Naciones Unidas, concretamente el Objetivo N°7 que busca garantizar la sostenibilidad del medio ambiente, establecen lineamientos prioritarios para que sean las ciudades el foco de la atención en el actual escenario global, dado su rol gravitante sobre los ecosistemas y en el uso de los recursos. Eso hace que la evaluación y la adaptación a nivel local del amplio concepto de sostenibilidad urbana sea hoy un urgente reto. Las tendencias que en los próximos años sigan nuestras ciudades y las tipologías de crecimiento e implantación con las que se desarrollen y transformen nuestros barrios, van a ser determinantes para hacer frente al reto de la sostenibilidad urbana futura. La academia debe poseer un rol determinante en las políticas públicas urbanas, por ello este software es un primer paso a la vez que una experiencia inédita en Chile hacia la creación de una herramienta para los especialistas, que facilite la aplicación de mucha información científica dispersa, sobretodo acerca de cálculos energéticos e indicadores y factores de sostenibilidad adaptados a la realidad chilena y al contexto normativo vigente. Conscientes de que aún es preciso avanzar mucho en cuanto a las consideraciones tomadas para el diseño de nuestros barrios, mejorando la eficiencia energética pero también dando mejor calidad a los conjuntos, con distribuciones y densidades que permitan crear complejidad y diversidad. Cabe mencionar que tanto los proyectos de urbanizaciones realizadas tanto para el mercado inmobiliario tradicional como por aportes públicos y subsidios, en ninguna fase del diseño consideran temas de evaluación de la calidad del conjunto. El objetivo principal fue desarrollar un software que asistiera el diseño de barrios bajo criterios de sostenibilidad adaptados hacia el contexto chileno y regional. Para elaborar esta herramienta digital, se desarrollaron modelos resumidos de cálculo térmico para poder optimizar el tiempo y poder obtener resultados rápidamente a la hora de bosquejar, además se generó una estructura propia de indicadores de sostenibilidad urbana y energía a escala de barrio, con las posibilidades de tomar muchos edificios a la vez y caracterizar un área urbana completa. Los indicadores de sostenibilidad urbana desarrollados, son criterios objetivos que permiten asistir la toma de decisiones basadas en el desempeño y la calidad de estos desarrollos urbanos desde las etapas iniciales de bosquejo y concepción de conjunto. Estos objetivos pueden ampliarse además a las posibilidades futuras de realizar análisis de barrios existentes y a localizar problemáticas en pos de futuras intervenciones de mejoras y rehabilitación urbana. El desarrollo de esta primera etapa de dos años se organizó en dos partes, la primera parte fue enfocada hacia el desempeño energético del conjunto, sobre todo estableciendo las demandas como un indicador objetivo a medir en los edificios, para ello fue necesario adaptar modelos físicos de radiación de ondas cortas, modelos de cielo para la radiación solar difusa, modelos de transferencia de calor, etc. Se realizaron análisis de sensibilidad para determinar los mejores modelos a incluir en el motor de cálculo desde el punto de vista de rapidez y precisión. Esto debido a las características especiales del objeto de estudio barrio, que puede normalmente involucrar series de diversos tipos de edificios y configurantes que en un software no adaptado pueden tomar muchísimas horas de cálculo, acá se estimaron modelos adaptados basándose en un compromiso precisión requerida-velocidad. La segunda parte del trabajo es la configuración de esta batería de indicadores adaptados al contexto regional y nacional, que es uno de los grandes retos de los sistemas de indicadores, especialmente en Chile, donde no existe una base objetiva a nivel de prácticas de diseño urbano, aplicable a escala de barrio más allá de la vivienda. Existen numerosos estándares y experiencias internacionales que han marcado la pauta en Chile en ese sentido, sin embargo muchas veces estos criterios importados pierden vigencia dado que han sido desarrollados en el marco de realidades que históricamente resultan ajenas. Especial atención merece la imperiosa necesidad de anticiparnos a la lenta evolución las normativas actuales y definir desde ya una serie de restrictores e indicadores de calidad urbana adaptados al ámbito urbano chileno que sean un añadido de calidad más allá de la O.G.U.C. y de

normativas vigentes como planes reguladores y otras normativas, respondiendo a las innegables problemáticas actuales de las ciudades chilenas. El desafío es continuar haciendo una lectura objetiva de esta gran cantidad de variables técnicas, sociales y ambientales que permitan la real mejora en el medioambiente urbano nacional, la toma de conciencia y la correcta toma de decisiones en la etapa de diseño respecto al amplio y concreto alcance del término sostenibilidad más allá de intereses comerciales e inmobiliarios.

## Versión en Ingles

The Millennium Development Goals, agreed targets by United Nations, specifically Objective No. 7, which seeks to ensure environmental sustainability, establish priority guidelines for cities to be on focal point in the current global scenarios, given their significant role as important impacts on ecosystems, use of resources and waste. Assessment and adaptation at the local level of the broad concept of urban sustainability is an urgent challenge today. The trends that our cities will follow in the coming years and the typologies of growth and implantation, with which they will develop and transform our neighbourhoods, will be decisive to face the challenge of urban sustainability in the future. Academy must have a decisive role in urban public policies, so this software is a first step, and at the same time as an unprecedented experience in Chile, towards the creation of a tool for specialists, which facilitates the application of much scattered scientific information, especially about energy and thermal calculations and sustainability factors adapted to the Chilean reality and the current regulatory context. We understand that still there is much more needs to be done in terms of designing our neighbourhoods, improving energy efficiency, and also giving better quality to the housing developments, with distributions and densities that could create complexity and diversity. It should be mentioned that both urbanization projects carried out for the traditional real estate market as well as with public contributions and subsidies, at any stage of the design, are actually in Chile considering issues of evaluation of the quality of the whole. The main objective was to develop a software that would assist the design of neighbourhoods under sustainability criteria adapted to the regional and chilean context. In order to elaborate this digital tool, summarized models of thermal calculus were developed, in terms to optimize the time and to obtain results quickly at the sketch and drafts stages. In addition, a new structure of indicators for urban sustainability and energy at scale of neighbourhood it were generated, with the possibilities to characterize a complete urban area. Urban sustainability indicators developed, are objective criteria that allow attendance decision making based on performances and quality of these urban developments from the initial stages of outlines and conception. These objectives can also be extended to future possibilities of optimize existing neighbourhoods and locating problems for future improvements and urban refurbishment interventions. Development of this first stage of two years was organized in two parts, the first part was focused on the energy performance of the whole, especially establishing the demands as an objective indicator to be measured in buildings, for it was necessary to adapt physical models of Radiations of short waves, sky models for diffuse solar radiation, heat transfer models, etc. Sensitivity analyzes were performed to determine the best models to include in the calculation engine, from the point of view of speed and precision. This is due to the special characteristics of the neighbourhood study as object, which can normally involve series of different typologies of buildings and configurators, that in unadapted software can take many hours of calculation. Adapted models were estimated based on a compromise required precision-speed. The second part of the work was the configuration of this battery of indicators adapted to the regional and national context, which was one of the main challenges in an indicator system, especially in Chile, where there are no objective bases at urban design practices level. No applicable to some scale beyond the dwelling, indeed. Numerous international standards and experiences had set the agenda and standard in Chile, but often these imported criteria are losing their validity since they have been developed within realities and frameworks that historically are foreign. The urgent needs to anticipate us to the slow evolution of regulations deserves special attention, and already to define a series of restrictors and urban quality indicators adapted to the Chilean urban areas that could bring added quality beyond the O.G.U.C. and current regulations, responding to the undeniable current problems of Chilean cities. The main challenge is to make an objective reading of

this huge number of technical, social and environmental variables that allow the real improvement in the national urban environment. Similarly the awareness and the correct decision making in the designing stages with respect to the broad and concrete scope of the term sustainability beyond commercial and real estate interests.

## 2.2 Cuadro De Síntesis de Resultados y Objetivos

Objetivos Generales	
Nombre Objetivo	OBJETIVO GENERAL
Descripción	El Objetivo principal del proyecto es desarrollar un software a nivel de prototipo, que permita evaluar urbanizaciones nuevas y existentes desde el punto de vista de la sostenibilidad en el contexto chileno. El programa se centra por primera vez en Chile en el contexto de conjuntos residenciales y en el partido general del diseño de barrios, manejando el desarrollo de un plan seccional con criterios de eficiencia energética. Este programa busca enlazar diversas estrategias, indicadores y normativas en una sola plataforma, con el fin de ser una guía de criterios para la revisión de diseños de conjuntos urbanos o barrios. El software conectará un motor de cálculo de eficiencia energética para urbanizaciones especialmente diseñado, con una batería de indicadores que en conjunto permitirán obtener una noción objetiva y cercana a nuestra realidad. Esta combinación de indicadores generará una serie de parámetros que indicarán un índice de calidad a crear ponderando estos indicadores.
Objetivos Específicos	
Nombre Objetivo	OBJETIVO ESPECIFICO
Descripción	A partir de la revisión bibliográfica sobre indicadores urbanos de morfología, energética, de confort, movilidad, etc. Se determinará y seleccionarán los más adecuados para el contexto nacional
Nombre Objetivo	OBJETIVO ESPECIFICO
Descripción	A partir de la revisión bibliográfica de los distintos modelos matemáticos y gráficos de tratamiento de geometrías, discretización de superficies, métodos vectoriales de posicionamiento, etc. Se seleccionarán los más pertinentes para realizar un análisis de sensibilidad entre sus limitaciones de cálculo, su demandada capacidad comunicacional y precisión de sus resultados. Los modelos que presenten el mejor compromiso entre eficiencia de cálculo (rapidez) y precisión se implementará en el motor de cálculo.
Nombre Objetivo	OBJETIVO ESPECIFICO
Descripción	A partir de la revisión bibliográfica se obtendrá el gran espectro de modelos físicos de radiación de ondas cortas, modelos de cielo para la radiación solar difusa, modelos de transferencia de calor, etc. Se realizará un análisis de sensibilidad para determinar los mejores modelos a incluir en el motor de cálculo desde el punto de vista de rapidez y precisión.
Nombre Objetivo	OBJETIVO ESPECIFICO
Descripción	Se realizarán diferentes maquetas de interfaz gráfica para seleccionar la que entregue mayor información y claridad para el usuario
Nombre Objetivo	OBJETIVO ESPECIFICO
Descripción	Realizar el acoplamiento de los códigos de cálculo e interfaz para obtener una herramienta única de simulación.

### RESULTADO

Tipo	Resultado de Producción
------	-------------------------

Nombre	Software de simulacion urbana
Descripción	Este software podrá descargarse gratuitamente desde un servidor local e instalado en cualquier computador de escritorio tanto de consultoras de ingeniería, arquitectura y urbanismo así como en oficinas gubernamentales de revisión de proyectos públicos y privados. Este software podrá calcular la demanda energética e indicadores urbanísticos de un conjunto de viviendas emplazadas en una zona urbana. Este software adaptado a la realidad y marco regulatorio chilenos podrá ser alternativo y/o sustituir al software suizo CitySim y al español URSOS. Este software podrá entregar una gran cantidad de escenarios de urbanización en un período corto de simulación. Este software será producido con la ayuda de un consorcio compuesto por la Universidad de Concepción de Chile y el grupo GEEZAR SL de España.

Descripción del Logro	El software URBAN4S para evaluar proyectos de urbanización usando distintos indicadores de sustentabilidad se presenta como un archivo ejecutable en cualquier ordenador personal. Este software no tiene competidores en el mercado nacional y entrega una gran versatilidad al ser usado, ya que calcula distintos indicadores que actualmente deben determinarse manualmente. Este software fue desarrollado por la Universidad de Concepción en conjunto con la empresa GEEZAR SL de España. Este desarrollo continuará en la segunda etapa del proyecto en términos de su ergonomía y ajuste de indicadores que sean necesarios, así como de validación empírica de la herramienta en escenarios de estudio a escala real.
-----------------------	---

Referencia Bibliográfica	
--------------------------	--

### RESULTADO

Tipo	Resultado de Producción Científica (Ex "Otros")
Nombre	Pasantía post-doc
Descripción	Pasantía post-doctoral de Thibaut Vermeulen especialista en modelización de flujos energéticos urbanos. Su labor será contribuir a las labores de programación del programa a desarrollar, así como la realización de test efectuados a los modelos matemáticos y físicos a implementar en el software a desarrollar. Esto contribuye directamente al estado del arte del problema.

Descripción del Logro	Pasantía post-doc del Doctor Thibaut Vermeulen de 18 meses financiada por el proyecto FONDEF terminada
-----------------------	--

Referencia Bibliográfica	
--------------------------	--

### RESULTADO

Tipo	Resultado de Producción Científica (Ex "Otros")
Nombre	Artículo en congreso Internacional
Descripción	Artículo en congreso sobre estructura de indicadores

Descripción del Logro	Artículo publicado y presentado en Ecuador: T. Vermeulen, C. Knopf-Lenoir, L. Merino, P. Villon y B. Beckers (2016) Periodic 3D model to optimize urban shapes for solar radiation. FICUP. Quito, Ecuador. 26-30 septiembre.
-----------------------	--

Referencia Bibliográfica	T. Vermeulen, C. Knopf-Lenoir, L. Merino, P. Villon y B. Beckers (2016) Periodic 3D model to optimize urban shapes for solar radiation. FICUP. Quito, Ecuador. 26-30 septiembre.
--------------------------	--

### RESULTADO

Tipo	Resultado de Producción Científica (Ex "Otros")
Nombre	Artículo en congreso
Descripción	Artículo en congreso sobre simulación urbana

Descripción del Logro	Se presentó la ponencia titulada "Herramienta computacional para la simulación energética de las ciudades chilenas" en el congreso "Jornadas de Mecánica Computacional" que se desarrolló en la ciudad de Concepción entre el 8 y 9 de octubre del año 2015. Los autores son Luis Merino, Thivaut Vermeulen, Cristian Cuevas, Rapha I Nahon y Rodrigo Medina.
-----------------------	---

Referencia Bibliográfica	
--------------------------	--

### RESULTADO

Tipo	Resultado de Producción Científica (Ex "Otros")
Nombre	Artículo en revista
Descripción	Artículo en revista "Energy for Sustainable Development" sobre simulación integrada de energía y urbanismo.

Descripción del Logro	Se ajustó esta publicación y se reemplazó por el artículo en revista "Cuadernos de Mecánica Computacional"
-----------------------	--

Referencia Bibliográfica	Merino, Vermeulen, Cuevas, Nahon y Medina (2015) Herramienta computacional para la simulación energética de las ciudades chilenas. Cuadernos de Mecánica Computacional. 13(1).
--------------------------	--

### RESULTADO

Tipo	Resultado de Producción Científica (Ex "Otros")
Nombre	Tesis de pregrado
Descripción	Trabajo de pregrado para apoyar a la elaboración del estado del arte del proyecto. El nombre del tema investigado por el estudiante será "Definición de un marco teórico para el cálculo de indicadores de sustentabilidad"

Descripción del Logro	Se ajustó el nombre propuesto de la la tesis de pregrado y se creó otro hito con la tesis y su nuevo nombre: "Método de evaluación para urbanizaciones de viviendas unifamiliares bajo indicadores ambientales"
-----------------------	---

Referencia Bibliográfica	
--------------------------	--

### RESULTADO

Tipo	Resultado de Producción Científica (Ex "Otros")
Nombre	Publicación en revista
Descripción	Publicación en revista la "Cuadernos de Mecánica Computacional" titulada "Herramienta computacional para la simulación energética de las ciudades chilenas"

Descripción del Logro	Artículo en revista que presenta métodos numéricos para resolución del problema energético a la escala urbana
Referencia Bibliográfica	Merino, Vermeulen, Cuevas, Nahon y Medina (2015) Herramienta computacional para la simulación energética de las ciudades chilenas. Cuadernos de Mecánica Computacional. 13(1).

### RESULTADO

Tipo	Resultado de Producción Científica (Ex "Otros")
Nombre	Tesis de pregrado
Descripción	Acceso solar en áreas urbanas de Chile y su impacto en el balance energético residencial

Descripción del Logro	Tesis de pregrado titulada "Acceso solar en áreas urbanas de Chile y su impacto en el balance energético residencial"
-----------------------	---

Referencia Bibliográfica	Saldías (2016) Acceso solar en áreas urbanas de Chile y su impacto en el balance energético residencial. Tesis de pregrado. Universidad de Concepción. Concepción.
--------------------------	--

### RESULTADO

Tipo	Resultado de Producción Científica (Ex "Otros")
Nombre	Seminario sobre urbanismo bioclimático
Descripción	Seminario orientado a invitar a la comunidad a reflexionar sobre la nueva visión holística de diseño de barrios analizando las distintas componentes de este problema complejo, tanto desde el punto de vista de métodos numéricos, la física urbana y el urbanismo. Esto tributa a consolidar y exponer el estado del arte actual sobre esta temática.

Descripción del Logro	Seminario multidisciplinario sobre el diseño de urbanizaciones y edificaciones sustentables FONDEF en este seminario de cierre, donde se entregó el software URBAN4S a los estudiantes del diario electrónico de la Facultad de Ingeniería UdeC. <a href="http://www.ing.udec.cl/Departamento/ingenieria-civil/detalle-noticia/proyecto-fondef-idea">http://www.ing.udec.cl/Departamento/ingenieria-civil/detalle-noticia/proyecto-fondef-idea</a>
-----------------------	---

Referencia Bibliográfica	
--------------------------	--

### RESULTADO

Tipo	Resultado de Producción Científica (Ex "Otros")
Nombre	Participación grupo GEEZAR SL España
Descripción	Participación del grupo GEEZAR SL España durante la totalidad del proyecto FONDEF. Este resultado permite desarrollar el software que será resultado de este proyecto.

Descripción del Logro	El desarrollo del software URBAN4S culmina con el resultado de producción donde se entrega el software completamente operativo. Así mismo, este hito finaliza también con la participación del grupo español de desarrolladores informáticos GEEZAR SL.
-----------------------	---

Referencia Bibliográfica	
--------------------------	--

**RESULTADO**

Tipo	Resultado de Producción Científica (Ex "Otros")
Nombre	Tesis de pregrado 1
Descripción	Método de evaluación para urbanizaciones de viviendas unifamiliares bajo indicadores ambientales
Descripción del Logro	Tesis de pregrado titulada "Método de evaluación para urbanizaciones de viviendas unifamiliares bajo indicadores ambientales"
Referencia Bibliográfica	León (2017) Método de evaluación para urbanizaciones de viviendas unifamiliares bajo indicadores ambientales. Tesis de pregrado. Universidad de Concepción. Concepción.

**RESULTADO**

Tipo	Resultado de Producción Científica (Ex "Otros")
Nombre	Tesis de pregrado
Descripción	Evaluación y diseño de sistemas de reutilización de aguas grises y aguas lluvias para viviendas urbanas
Descripción del Logro	Tesis de pregrado titulada "Evaluación y diseño de sistemas de reutilización de aguas grises y aguas lluvias para viviendas urbanas"
Referencia Bibliográfica	Farías (2016) Evaluación y diseño de sistemas de reutilización de aguas grises y aguas lluvias para viviendas urbanas. Tesis de pregrado. Universidad de Concepción. Concepción.

**RESULTADO**

Tipo	Resultado de Producción Científica (Ex "Otros")
Nombre	Tesis de pregrado
Descripción	Análisis del potencial solar en el medio urbano construido de Concepcion
Descripción del Logro	Tesis de pregrado titulada "Análisis del potencial solar en el medio urbano construido de Concepcion"
Referencia Bibliográfica	Rivera (2016) Análisis del potencial solar en el medio urbano construido de Concepcion. Tesis de pregrado. Universidad de Concepción. Concepción.

**RESULTADO**

Tipo	Resultado de Formación de Capacidades (Ex "Otros")
Nombre	Red de trabajo entre UdeC-GEEZAR
Descripción	Nueva red de trabajo entre la UdeC Chile y GEEZAR SL España para mejorar la transferencia científica y tecnológica del desarrollo y distribución de software de las partes involucradas. Esto tributa a mejorar el conocimiento actual del estado del arte de las partes, así como la adquisición de competencias de programación que son esenciales para el desarrollo del software que será resultado del proyecto y sus proyecciones.
Descripción del Logro	Red de trabajo asociativo entre UdeC-GEEZAR desarrollada a lo largo del proyecto FONDEF ID14i10208 que se consolida con el resultado de producción principal del proyecto, es decir el software URBAN4S

**RESULTADO**

Tipo	Resultado de Formación de Capacidades (Ex "Otros")
Nombre	Mejora de capacidades de programación
Descripción	Mejora de las habilidades de programación de métodos numéricos y adquisición de conocimientos de la física urbana de cinco ingenieros. Esto permitirá desarrollar y mejorar el software que será resultado de este proyecto.
Descripción del Logro	Mejora de habilidades de programación que se consolidó y permitió desarrollar el software URBAN4S.

**RESULTADO**

Tipo	Resultado de Formación de Capacidades (Ex "Otros")
Nombre	Mejoramiento de laboratorio existente
Descripción	Acondicionamiento y mejoramiento de un laboratorio existente financiado por el proyecto FONDEF ID14i10208. Esto para ampliar las capacidades de trabajo del equipo en cuanto a computadores y softwares de ayuda a la simulación. Esto tributa directamente a ampliar las competencias del equipo de trabajo.
Descripción del Logro	Se logró completamente el acondicionamiento del Laboratorio existente financiado por el proyecto FONDEF

**RESULTADO DE PRODUCCIÓN**

<b>Categoría</b>	<b>Cantidad Comprometida</b>	<b>Cantidad Lograda</b>
Producto	1	1

**RESULTADO DE PRODUCCIÓN CIENTÍFICA (EX "OTROS")**

<b>Categoría</b>	<b>Cantidad Comprometida</b>	<b>Cantidad Lograda</b>
Evento	1	1
Publicación	4	3
Tesis o Proyecto de título	6	5
Cooperación Internacional recibida o entregada	1	1

**RESULTADO DE FORMACIÓN DE CAPACIDADES (EX "OTROS")**

<b>Categoría</b>	<b>Cantidad Comprometida</b>	<b>Cantidad Lograda</b>
Capacidades profesionales desarrolladas o fortalecidas	1	1
Capacidades de formación de redes o de equipos de trabajo	1	1
Capacidades materiales o de infraestructura	1	1

### 2.3 Informe financiero a la fecha de término

	Montos Comprometidos según Convenio por fuente de financiamiento	Monto Girado por Fondef	Gastos financiados por fuente de financiamiento	%
FONDEF	149.810.000	149.810.000	146.532.366	77,22 %
FONDEF	149.810.000	149.810.000	146.532.366	38,61 %
Institución(es) Beneficiaria(s)				
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION	41.359.000	No Aplica	43.229.200	22,78 %
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION	41.359.000	No Aplica	43.229.200	11,39 %
Empresas y otras Entidades Asociadas	0	No Aplica		0 %
Totales	191.169.000	149.810.000	189.761.566	50 %

Monto por Reintegrar		3.277.634		
Monto Reintegrado a FONDEF		(0)		
Costo Final del Proyecto		379.523.132		

## 2.4 Autoevaluación de la Ejecución del Proyecto

El(la) Representante Institucional de cada Institución Beneficiara
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
El proyecto FONDEF ID14i10208 "Desarrollo de una herramienta computacional para el diseño y evaluación de conjuntos residenciales en base a criterios urbanísticos, de eficiencia energética, ciclo de vida y sostenibilidad" logró cumplir con sus hitos y objetivos, lo que permitió demostrar sus hipótesis de trabajo en esta primera etapa de Ciencia Aplicada. Lo anterior permite fundamentar la continuidad del proyecto para seguir desarrollando el software obtenido en esta primera etapa, y así lograr un producto más cercano a su aplicación productiva.

El(la) Director(a) del proyecto
El proyecto FONDEF ID14i10208 tuvo como objetivo desarrollar una herramienta computacional o software que permitiera evaluar proyectos de urbanización o conjuntos residenciales urbanos. El resultado principal de este proyecto es un producto original e innovador, ya que no existe una herramienta similar en el mercado nacional. En esta primera etapa de dos años de Ciencia y Tecnología se planteó una hipótesis de trabajo consistente en que una herramienta computacional podía sistematizar las dimensiones de sustentabilidad de un proyecto de urbanización y al mismo tiempo ser una herramienta funcional al entregar los resultados de la evaluación en tiempos razonables. El objetivo principal se cumplió y permitió demostrar la hipótesis de trabajo al usar distintos estudios de caso. El motor de cálculo del software se testeó ante distintos escenarios de proyectos diferentes en morfología y extensión, entregando los indicadores calculados en tiempos que no sobrepasaban los cinco minutos. Esta rapidez de cálculo en la entrega de resultados permite al diseñador analizar múltiples variaciones del proyecto y tener una respuesta cuantificada y objetiva basada en los indicadores entregados por el programa. Esta característica del software permite mejorar el estándar de los proyectos y aumentar la productividad de las oficinas que lo empleen, ya que actualmente el procesos de análisis de escenarios es manual, lo que implica un uso extensivo de recursos. El logro del objetivo y la demostración positiva de la hipótesis planteada permite continuar con el desarrollo de la herramienta computacional.

## 2.5 Propuesta de Continuidad de la(s) Institucion(es) Beneficiaria(s)

El proyecto FONDEF ID14i10208 tuvo como resultado principal una herramienta computacional que permite evaluar y calificar la sustentabilidad de conjuntos residenciales urbanos basándose en distintos indicadores. El desarrollo de esta herramienta necesitó formalizar nuevas líneas de investigación en el seno del Laboratorio de Construcción Sustentable del Departamento de ingeniería Civil de la Universidad de Concepción. Éstas se pueden definir de la siguiente manera: evaluación y desarrollo de políticas públicas en construcción sustentable orientadas al uso eficiente de la energía en la edificación a distintas escalas espaciales, indicadores de desempeño a la escala urbana para evaluar la sostenibilidad; y el desarrollo numérico de herramientas de simulación multiescalas en edificación enfocadas a la evaluación y calificación de su sustentabilidad. Estas líneas de investigación se continuarán desarrollando en el Laboratorio de Construcción Sustentable UdeC apoyada por infraestructura, equipos y software aportados por el proyecto FONDEF, así como software y acceso a bibliografía actualizada aportadas por la Universidad de Concepción. El marco regulatorio nacional e internacional no permite tener la propiedad intelectual del software pero sí su registro de marca ante el Instituto de Propiedad Intelectual Chile (INAPI) y se acogerá a la Ley 17.336 Art. 76. El software es de libre distribución pero no es Open Source, por lo que su arquitectura y algoritmos están protegidos al no dar acceso a su código fuente. Al distribuir el software libremente se espera masificar su uso por los distintos actores involucrados en la evaluación de proyectos de conjuntos urbanos. Además, esto permitirá tener una retroalimentación real que alimentará la etapa de ergonomía de software y ajuste de indicadores de desempeño de sustentabilidad que podrían surgir del uso del software. Al finalizar la etapa de ajuste de indicadores y ergonomía de software se tendrá una herramienta computacional madura que será comercializable en el mercado nacional y fácilmente escalable al contexto internacional. Por otro lado, resultados secundarios del proyecto, tal como el conjunto de indicadores de sustentabilidad que fueron desarrollados y adaptados durante el desarrollo del proyecto proveen un marco teórico, así como la formación de capacidades del personal involucrado en el proyecto permite actualmente asesorar a distintos municipios de la región sobre estrategias para desarrollar urbanizaciones sustentables en distintos proyectos inmobiliarios.