

# *Accessibility at the University: An Experience on How Teaching Programming to Blind Students*

María Julia Blas  
*Instituto de Desarrollo y Diseño INGAR*  
*UTN - CONICET*  
Santa Fe, Argentina  
mariajuliablas@santafe-conicet.gov.ar

María Fernanda Golobisky  
*Facultad Regional Santa Fe*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
Santa Fe, Argentina  
mfgolo@santafe-conicet.gov.ar

Marta Castellaro  
*Facultad Regional Santa Fe*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
Santa Fe, Argentina  
mcastell@frsf.utn.edu.ar

Diego García Lozano  
*Facultad Regional Santa Fe*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
Santa Fe, Argentina  
diegogarcialozano95@gmail.com

**Abstract** — In the field of education, disabled people inclusion gains special importance for any country when intending to attain actual social integration. Universities must take on the social responsibility for embracing disabled students and creating strategies that facilitate their educational process and favour the completion of their professional studies in order to attain truly individual autonomy. Even though university education is increasingly taking actions to guarantee equal opportunities as regards contents acquisition (ensuring attendance, participation, and success for all students), most degree programs of Information Systems Engineering do not include teaching strategies for visually impaired students. In this context, this work presents a collaborative work experience that was carried out in the Regional Faculty of Universidad Tecnológica Nacional in the province of Santa Fe, Argentina. This experience included taking active steps to provide a process for teaching programming contents that is appropriate for a visually impaired student starting the Information Systems Engineering Degree Program. More specifically, teaching strategies are presented in detail along with the tools that were developed in the programming area of Algoritmos y Estructuras de Datos course so as to adjust the available tools and material to that particular student's needs.

**Keywords** — *Accessibility, programming, blind student, software tools, teaching.*

## I. INTRODUCCIÓN

Los estudiantes de Ingeniería en Sistemas de Información (ISI) necesitan desarrollar diferentes habilidades para poder convertirse en profesionales y lograr una carrera exitosa. Estas habilidades son muy variadas. En general, comprenden la competencia técnica junto con habilidades de interpretación y resolución de problemas mediante el empleo de metodologías de sistemas, programación, comunicación, liderazgo y gestión de proyectos. En la actualidad, existe un sinnúmero de herramientas tecnológicas que facilitan el aprendizaje de diferentes técnicas y el desarrollo de habilidades de los estudiantes de ISI; principalmente de aquellos que se encuentran en los primeros años de la carrera. Como ejemplo se pueden citar las herramientas de desarrollo que facilitan el

aprendizaje de técnicas de programación en base al análisis de diferentes aspectos y/o propiedades y las herramientas de modelado de sistemas que permiten crear diseños de sistemas existentes que se desarrollarán a futuro. Sin embargo, la mayoría de estas herramientas utiliza interfaces de usuario centradas en propiedades visuales (como ser colores, secciones, indentación, texto resaltado, imágenes e íconos) para enfatizar aquellos aspectos relevantes que deben ser tenidos en cuenta durante el aprendizaje. Es evidente entonces que, aunque estas herramientas son de utilidad para quienes desean comenzar a desarrollar habilidades de programación, no se encuentran orientadas a personas con discapacidad visual.

En el ámbito educativo, la inclusión de las personas con discapacidad tiene especial importancia para hacer realidad la integración social de cualquier país. El nivel superior juega un papel significativo ya que tiene la responsabilidad social de facilitar la incorporación de estas minorías al ámbito profesional. Con la inclusión educativa, por ejemplo, se busca favorecer la ampliación y democratización de las oportunidades de formación en el marco del concepto de aprendizaje a lo largo de la vida y de la educación como un derecho [1]. Las universidades deben asumir la responsabilidad social de acoger a estos estudiantes y crear estrategias que faciliten el tránsito y favorezcan la culminación de los estudios profesionales de este grupo a fin de que se logre un avance hacia una verdadera autonomía individual.

En este contexto, este artículo presenta una experiencia de trabajo colaborativo llevada a cabo en la Facultad Regional Santa Fe (FRSF) de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) en la cual se trabajó de forma activa para brindar un proceso de enseñanza apropiado para un alumno ciego ingresante a la carrera ISI. Específicamente se detallan las estrategias de enseñanza aplicadas y las herramientas utilizadas en el área de programación en el curso de Algoritmos y Estructuras de Datos (AEDD) a fin de adaptar el material y las herramientas disponibles a las necesidades del estudiante.

El resto del trabajo se encuentra estructurado de la siguiente manera. La sección II presenta los trabajos vinculados al área, mientras que la sección III introduce el marco de referencia a

fin de contextualizar la situación tanto a nivel nacional como universitario. En este apartado también se hace referencia a la disponibilidad de las herramientas de desarrollo para personas ciegas. La sección IV detalla la experiencia transitada por el estudiante ciego (BR) en la asignatura AEDD junto con las articulaciones generadas hacia el resto de las cátedras del área programación en el período lectivo 2017-2018. La sección V describe los principales resultados obtenidos en la experiencia, desde el punto de vista de las cátedras y de los alumnos. Finalmente, la sección VI detalla las conclusiones del trabajo.

## II. TRABAJOS RELACIONADOS

Se pueden encontrar diferentes estrategias y soluciones aplicables a la problemática que presentan a los estudiantes ciegos las herramientas de desarrollo con respecto a la utilización de interfaces de usuario centradas en lo visual. En [2] los autores categorizaron las dificultades de accesibilidad que deben afrontar los desarrolladores con discapacidades visuales al trabajar en entornos de programación (IDEs) basados en la interfaz gráfica de usuario (GUI), y en base a ellas implementaron CodeTalk, un plugin para Visual Studio que establece un marco para abordar los desafíos que enfrentan los desarrolladores ciegos que usan IDEs. A diferencia de otros trabajos relacionados con la accesibilidad de los IDEs, que abordan actividades específicas, los autores trabajaron cuestiones de accesibilidad en todo el espectro de actividades en torno al desarrollo de software desde la comprensión del código, edición, depuración y trabajo en equipo sobre grandes bases de código. Baker et al. [3] propusieron StructJumper para abordar las dificultades enfrentadas por programadores ciegos mientras leen código extenso. Este plugin de Eclipse despliega un diagrama de árbol basado en la estructura anidada de clases Java, y les permite tener una visión general de la estructura del código, ayudándolos a comprenderlo y a navegar a través de grandes cantidades de código, cambiando entre la vista de árbol y el editor de texto para tener idea de donde está posicionado dentro de la estructura. Albusays y Ludi [4] llevaron a cabo un estudio para identificar los problemas que enfrentan los desarrolladores ciegos de software. Las encuestas realizadas indicaron la dificultad que tienen para navegar código fuente extenso, secuencialmente (usando las teclas de flecha), así como la falta de accesibilidad en los IDEs. A diferencia de los trabajos anteriores estos autores no realizaron ningún desarrollo, sólo identificaron los problemas. Capel et al. [5] adaptaron el contenido de un curso de programación orientada a objetos para hacerlo accesible a un estudiante ciego. Trabajaron para adecuar las clases, el material didáctico, la interacción dentro del aula y los procesos pedagógicos, la producción de objetos de aprendizaje utilizando la herramienta eXeLearning y la búsqueda de herramientas para la generación de diagramas UML a partir de texto. En [6] se implementó GUIDL, una herramienta para ayudar a las personas con discapacidad visual a desarrollar GUIs de manera sencilla, utilizando una sintaxis adaptada. La herramienta está basada en el lenguaje GUIDL y en el modelo CAT (Tecnología de Asistencia Integral) que proporciona asistencia para las diferentes actividades que deben ser realizadas durante el proceso de desarrollo de software. Permite además que las GUI desarrolladas se puedan traducir al formato de distintos lenguajes de programación.

En [7]-[14] se detallan trabajos relacionados con la enseñanza de la programación a estudiantes ciegos.

Todos estos trabajos están orientados a problemas y/o herramientas particulares, y si bien aportan propuestas para la accesibilidad, en cada curso (especialmente al inicio de la formación) debe atenderse a las particularidades de contenidos y herramientas a utilizar.

## III. MARCO DE REFERENCIA

Si bien en la educación universitaria cada vez más se vienen llevando a cabo acciones para garantizar la igualdad de oportunidades en torno al aprendizaje de los contenidos (garantizando la presencia, la participación y el éxito de todos los estudiantes), la mayoría de las carreras de ISI no están preparadas para enseñar a personas con discapacidad visual. Esta situación expresa una paradoja, dado que estas carreras deberían ser los espacios más accesibles ya que son los ámbitos donde se diseñan y elaboran los productos tecnológicos innovadores que resuelven problemas de accesibilidad [15].

En relación a esta problemática, existen dos aspectos importantes a analizar: el contexto normativo y el contexto tecnológico. Mientras que el contexto normativo refiere al contexto legal que enmarca la accesibilidad como parte de los distintos niveles de enseñanza, el contexto tecnológico refiere a las distintas herramientas disponibles para llevar a cabo el proceso de enseñanza/aprendizaje.

### A. Contexto Normativo

La problemática de la accesibilidad viene siendo trabajada a nivel nacional por diversas leyes y normativas. La Ley 26.206 de Educación Nacional [16] y la Ley 24.521 de Educación Superior [17] (junto con su modificatoria, Ley 25.573 [18] referida específicamente a la educación superior de las personas con discapacidad) establecen las responsabilidades y el compromiso del Estado Argentino en la inclusión de estudiantes con discapacidad en el sistema educativo y en la institución universitaria. Particularmente, trata la incorporación de la problemática de la discapacidad en la producción universitaria en sus tres pilares fundamentales: la docencia, la investigación y la extensión. Esto significa que se garantiza el derecho a una educación integral y de calidad a todos los habitantes de la Nación. Asimismo, a través del Programa Integral de Accesibilidad en las Universidades Públicas [19] se promueve una Universidad para todos sin distinción, desde la perspectiva de considerar a la Educación como derecho y como bien público social, garantizando la igualdad de oportunidades y posibilitando condiciones de equidad en el ingreso y la permanencia en los estudios superiores.

La CONADIS (Comisión Nacional Asesora para la Integración de las Personas con Discapacidad) define por "accesibilidad" a la posibilidad de las personas de gozar de adecuadas situaciones de autonomía como condición primordial para el desarrollo de las actividades de la vida diaria, sin restricciones derivadas de la inadecuación del medio físico para su integración social y equiparación de oportunidades. Además, se define como "accesibilidad académica" la cualidad o requisito que cumple una institución educativa, cuando no existen - o se suprimen - barreras que

dificultan o limitan el acceso al conocimiento por parte de todas las personas implicadas en los procesos de enseñanza-aprendizaje, independientemente de su configuración biofísica, psicológica, lingüística o cultural. Es decir, supone el desarrollo de estrategias pedagógicas inclusivas, la disponibilidad de bibliografía y materiales de estudio en soportes diversificados y accesibles, y la realización de acciones que permitan alcanzar la mayor autonomía académica en los estudiantes. Con relación a esto, [19] establece tres componentes en su implementación, uno referido a la accesibilidad física, otro de accesibilidad comunicacional y equipamiento educativo y un tercer componente de capacitación de los actores de la comunidad universitaria.

La UTN se encuentra comprometida con este derecho y, desde fines del 2016, viene desarrollando un programa de políticas de accesibilidad académica [20]. Algunos de los ejes en los que se sostiene dicho programa son:

- Relevamiento de personas con discapacidad.
- Sensibilización y concientización de personal docente, no docente y estudiantes.
- Gestión de equipos tecnológicos ante organismos públicos y privados para personas con discapacidad.
- Capacitación de personal docente tendiente a brindar herramientas para el proceso de enseñanza y para el proceso de evaluación de los aprendizajes de estudiantes con discapacidad.
- Capacitación del personal no docente, orientado a la atención de estudiantes con discapacidades.
- Capacitación a estudiantes, con foco en la integración.
- Tutorías personalizadas para estudiantes discapacitados.
- Apoyo a docentes y no docentes que garanticen igualdad de oportunidades a personas con discapacidad.
- Generación de espacios inclusivos usando tecnología.
- Generación de entornos formativos y material de estudios accesibles.

Junto con estas políticas se contempla un programa de seguimiento de estudiantes con discapacidad (que tiene a cargo la elaboración anual de un censo y una encuesta de personas con esta problemática) y la creación de áreas de orientación y apoyo para las mismas. Además, la Secretaría de Vinculación Institucional, abordó el tema sensibilizándose aún más con la problemática de la discapacidad, profundizando en ofrecer las mismas garantías de acceso a la educación pública. Como consecuencia se consolidó el Programa Institucional de Accesibilidad a la Facultad, que venía trabajando en el desafío de una facultad más inclusiva. En la resolución N° 315 del 5 de julio de 2017 el Consejo Directivo de la FRSF estableció que es imperativo realizar modificaciones y mejoras en contenidos, estructuras y estrategias, en vistas a que todos los miembros de la comunidad universitaria, y en especial los estudiantes de la Regional Santa Fe, tengan las mismas posibilidades de desarrollarse como personas en la institución, teniendo en

cuenta la amplia diversidad de características y necesidades. La premisa es respetar la diversidad y adaptarse a las necesidades de las personas que se encuentran en situación de discapacidad. Para ello cuenta con el “Programa de Accesibilidad Universitaria UTN Santa Fe: Ingenierías Accesibles” [21], que persigue el objetivo de garantizar tanto el derecho a la educación como al ejercicio profesional de todas aquellas personas que deseen formar parte de la comunidad universitaria de la UTN, coordinando acciones para que los principios de accesibilidad sean reflejados tanto en esa institución como en la sociedad que la sostiene. Como parte de dicho programa se generó en el Campus de la Facultad Regional Santa Fe el espacio “Cátedras accesibles” abierto a todos los docentes que deseen participar en el intercambio de estrategias, herramientas, trabajos, información de interés y producción de material, entre otros, para que puedan ser utilizados y enriquecidos/actualizados por los interesados.

### *B. Contexto Tecnológico*

La tecnología cumple un papel muy importante en lo que a accesibilidad respecta ya que es una herramienta que permite disminuir las barreras existentes ya sean edilicias, comunicacionales, cognitivas o sociales, entre otras. Todos aquellos dispositivos y programas, hardware y software, específicamente diseñados para hacer accesible a los ciegos la tecnología de la información se denominan “tiflotecnología”. El término tiflotecnología, del griego tiflo (ciego), se incorpora al Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española en 2008, donde se define como el “estudio de la adaptación de procedimientos y técnicas para su utilización por los ciegos”. Más precisamente, se refiere al conjunto de técnicas, conocimientos y recursos encaminados a procurar a los ciegos y deficientes visuales los medios oportunos para la correcta utilización de la tecnología, con el fin de favorecer su autonomía personal y plena integración social, laboral y educativa [22]. Es por tanto, una tecnología de apoyo. Debido a su deficiencia, estas personas sin una adaptación adecuada no podrían hacer uso de las nuevas tecnologías. Es por esto que la tiflotecnología se ha convertido en una herramienta indispensable para las personas ciegas ya que les permite acceder a las nuevas tecnologías, ya sea mediante equipos específicos o adaptaciones, de acuerdo con las necesidades u objetivos de cada usuario. En [23] los autores establecen una distinción entre tiflotecnología específica (creada para uso exclusivo de personas ciegas) y adaptada (diseñada para que un ciego o deficiente visual pueda utilizar un equipo estándar).

1) *Tiflotecnología Específica*: Refiere a aquellos equipos diseñados específicamente para personas ciegas o deficientes visuales que les permiten gestionar la información. Entre ellos, se destacan los anotadores parlantes. Estos equipos tienen un teclado braille, una síntesis de voz y carecen de pantalla. Su función principal es la edición de archivos de texto, aunque suelen tener más prestaciones, como pueden ser reloj, cronómetro, calendario, agenda, calculadora, entre otros. Además, suelen disponer de conexiones para realizar copias de seguridad de la información.

2) *Tiflotecnología Adaptada*: Refiere a aquellos equipos que no han sido diseñados específicamente para este colectivo, por lo que se necesita incorporar algún programa para que

puedan ser usados por personas con diversidad funcional visual. Gracias a estas adaptaciones el usuario solo tendrá que conocer el aparato que está utilizando y los distintos comandos del programa que le proporcione la adaptación para suplir la función visual. Entre estos elementos se destacan:

- **Lectores de pantalla:** Son aplicaciones para identificar e interpretar aquello que se muestra en pantalla. Esta interpretación se presenta al usuario mediante sintetizadores de texto a voz, iconos sonoros, o una salida braille. Este tipo de herramientas constituye un programa de software que provee una interfaz entre el sistema operativo, las aplicaciones y el usuario. Entre los lectores de pantalla más populares se destacan JAWS (Job Access WithSpeech) [24], NVDA (NonVisual Desktop Access) [25], Window-Eyes [26], VoiceOver [27], Orca [28], Speakup Project [29] y ChromeVox [30].
- **Magnificadores de pantalla:** Son programas para la accesibilidad que permiten ampliar los caracteres y configurar los colores dependiendo de la necesidad que posea el usuario.
- **Navegadores de internet parlantes:** Son navegadores diseñados principalmente para que personas con discapacidad visual puedan interpretar correctamente la información, por lo que incluyen síntesis de voz, opciones de magnificación (permitiendo cambiar los colores de la fuente y del fondo de la pantalla para resultar accesibles tanto a usuarios con ceguera total o parcial), o permiten filtrar el tipo de información que se presentará (eliminando, por ejemplo, el refresco de las animaciones flash), entre otras muchas características.
- **Reconocimiento de textos impresos (OCR) parlantes:** Es un tipo de software que se utiliza en combinación con un scanner que lee, procesa y digitaliza el material impreso, dando como resultado la lectura automática de la información escrita. Los OCR (programas de reconocimiento óptico de caracteres) realizan la lectura de materiales impresos de cualquier tipo (texto mecanografiados o con caracteres de imprenta), y dependiendo de su potencia se posibilita la corrección de los errores de reconocimiento, y el guardado de la información digital en formato sonoro.
- **Conversores Braille:** Son programas que se encargan de eliminar las contracciones que se emplean en los países anglosajones al escribir en Braille.
- **Terminales de lectura, teclados e impresoras Braille:** Las terminales de lectura Braille envían la información contenida en la pantalla hasta el usuario utilizando caracteres Braille dispuestos en una línea de veinte hasta ochenta ocurrencias según el modelo. Cuentan con un teclado propio para comunicarse con el operador mediante el cual se pueden realizar todas las operaciones de lectura e identificación de contenidos de la visualización. Las impresoras braille son dispositivos electrónicos que imprimen textos e imágenes simples empleando puntos percutidos en

papel y otros soportes similares. Suelen disponer de una bandeja de entrada y otra de salida, y su tamaño puede ser algo mayor que el de una impresora convencional. Algunas, permiten marcar puntos braille por las dos caras del papel para lo cual se ajustan los puntos de manera tal que no coincidan espacialmente entre ambas caras.

3) *Plataformas de Software:* Todos estos programas de software requieren de un sistema operativo (SO) sobre el cual ejecutarse. Si bien actualmente existe una innumerable cantidad de SO disponibles, su nivel de adecuación para personas ciegas es bajo, ya que no existen suficientes usuarios como para garantizar una mejor accesibilidad. Sólo el 1% de las personas ciegas utiliza Linux ya que, entre otras cosas, los lectores de pantalla disponibles no son lo suficientemente avanzados como en otros SO y el manejo del escritorio no es simple e intuitivo. Aunque en un principio puede parecer el SO más apropiado, debido a que es sólo texto, una de sus principales desventajas es la dificultad de trabajo con navegadores ya que el cambio de perspectiva (de escritorio a Internet) complejiza el entendimiento del contenido. Por su parte, el mayor inconveniente que posee Mac OS X para con los usuarios ciegos es que es cerrado y sólo pueden instalarse herramientas propietarias. Mientras que en Linux y Windows existen múltiples herramientas de accesibilidad para ser instaladas (por ejemplo, lectores de pantalla y sintetizadores de voz). Windows es uno de los SO más simples de manipular por personas ciegas ya que flexibiliza la mayoría de los aspectos mencionados.

4) *Herramientas de Programación:* Como ya fue mencionado en la sección 2, fueron propuestas algunas soluciones que ayudan a las personas ciegas a usar herramientas de desarrollo con interfaces de usuario centradas en lo visual. Sin embargo, el proceso de enseñanza que da lugar al aprendizaje inicial, no es sencillo de llevar a cabo puesto que la mayoría de ellas apunta a brindar soporte al proceso posterior al aprendizaje inicial requiriendo que el usuario –en este caso, el estudiante- tenga conocimientos previos en el área. Estas soluciones (o combinaciones de ellas) son aplicables en un contexto controlado, pero la realidad cambia cuando uno de los alumnos del curso tiene dificultad para leer el material proporcionado y/o para resolver los ejercicios propuestos de la misma forma que sus compañeros, y además de no cuenta con los conocimientos iniciales.

#### IV. EXPERIENCIA UNIVERSITARIA EN ISI A PARTIR DEL INGRESO DE UN ESTUDIANTE CIEGO

El alumno BR se presentó en la facultad a fines del ciclo lectivo 2015 con el objeto de inscribirse como aspirante a la carrera ISI. Este alumno perdió el 100% de la visión a los dos años de edad a raíz de una retinoblastoma (cáncer de retina). Sin embargo, se desarrolló con soltura tanto en la escolaridad formal (nivel primario y secundario), como en otras disciplinas adaptadas a personas ciegas (atletismo, natación y fútbol).

En este contexto, la experiencia institucional inició al momento de la inscripción cuando BR manifestó su voluntad de que la institución conozca las experiencias previas de su trayectoria, tanto en una escuela secundaria no especializada

como en la institución de apoyo especializada que le brindaba apoyo extracurricular. Esto permitió que los docentes universitarios generen un nexo con el conjunto de profesores especializados que le habían brindado apoyo extracurricular durante el cursado a nivel medio.

Previo al inicio del primer ciclo lectivo (año 2016), la Secretaría Académica de la FRSF asumió un rol activo de coordinación para atender esta situación desde la inclusión. Para esto, organizó reuniones entre los docentes de la universidad que trabajarían en el primer año con BR y referentes que trabajaron con él en otros espacios, tanto académicos como deportivos y familiares (BR tiene hermanos que no son ciegos y además juega al fútbol en la selección provincial y, eventualmente nacional, de su categoría). Se realizaron tres encuentros de aproximadamente dos horas de duración cada uno, donde los docentes y referentes (entrenadores, asistentes, etc.) que trabajaron con BR presentaron sus experiencias, los recursos que utilizaron, la metodología para relacionarse y las formas de comunicarse y evaluar sus avances. De esta forma, los docentes universitarios tomaron contacto con profesionales que les transmitieron seguridad y confianza en un desafío que ellos ya habían transitado. En estos espacios, los docentes, profesores y auxiliares del primer nivel de la carrera, comenzaron a interiorizarse de la situación particular y, en consecuencia, comenzaron a revisar sus propuestas didácticas y los materiales disponibles. No obstante, una vez iniciadas las clases, en las distintas cátedras comenzaron a develarse aspectos relevantes que implicaron cambios o reformulaciones tanto a nivel de dictado de contenidos como así también en el dominio de herramientas que facilitarían la relación docente-alumno. Ante estas situaciones, la Secretaría Académica se integró con la Secretaría de Bienestar Estudiantil manteniendo una coordinación conjunta entre todos los docentes involucrados. De esta manera, se brindó el apoyo institucional requerido para evaluar la adecuación de las herramientas existentes en relación a las inquietudes específicas de cada materia. Esto posibilitó contar con información centralizada a nivel institucional ante la ocurrencia de una dificultad particular.

A continuación se describen las metodologías de trabajo aplicadas y las herramientas utilizadas en AEDD. Es importante destacar que el alumno BR no tenía conocimientos de programación previos al ingreso universitario, por lo que tanto la experiencia de selección de herramientas de trabajo como así también su aprendizaje, constituyeron una novedad tanto para el alumno como para los docentes.

#### *A. Experiencia en la enseñanza de la asignatura “Algoritmos y Estructuras de Datos” (1º año) del área Programación*

La asignatura AEDD se encuentra ubicada curricularmente en el primer año de la carrera ISI. Propone una introducción a la programación, basada en el diseño de algoritmos y la construcción de programas empleando el lenguaje de programación estructurado C++. Los ejes que se abordan a lo largo del ciclo lectivo incluyen el diseño de soluciones a problemas reales por medio de algoritmos, la programación estructurada, las estructuras de datos lineales (estáticas y dinámicas) junto con los algoritmos básicos para el tratamiento de las mismas y el concepto de tipos de datos abstractos.

En una etapa previa al inicio del cursado, la enseñanza de programación en C++ a un alumno ciego no pareció presentar un obstáculo significativo. La numerosa cantidad de herramientas disponibles pareció favorecer esta primera sensación. Sin embargo, aunque estas herramientas aportan una base para el trabajo cotidiano, dejan también muchos aspectos importantes relegados al entendimiento del alumno.

El conjunto básico de herramientas requeridas para el desarrollo de habilidades de programación se compone de dos tipos de aplicativos: sistema operativo y entorno de desarrollo integrado (herramienta que proporciona servicios integrales para el desarrollo de software [31]). Aunque en primera instancia podría parecer trivial incluir al sistema operativo como parte de las herramientas requeridas, es importante destacar que el programador debe conocer el entorno en el cual se ejecutan sus soluciones a fin de poder configurar (y controlar) el ambiente propicio para su ejecución. En el caso de personas ciegas, sobre el conjunto de herramientas tradicionales se incorpora un lector de pantalla (tercer aplicativo del tipo tiflotecnología adaptada) que sirve como nexo entre el entorno de desarrollo y el usuario. Dado que no es posible realizar una elección arbitraria de cada uno de estos elementos (debido a que se requiere un alto grado de interoperabilidad entre los mismos) y, teniendo en cuenta que desde la cátedra se buscó que el alumno BR utilizara las mismas herramientas de desarrollo que el resto de sus compañeros (a fin de permitirle seguir el curso con la metodología propuesta de actividades prácticas y trabajos grupales), se decidió utilizar como base las herramientas de trabajo Windows y Zinjal [32] y, como herramienta complementaria, el lector de pantalla JAWS [24]. En este punto, es importante destacar que Zinjal es el entorno de desarrollo propuesto por la cátedra.

Sin embargo, aunque los entornos de desarrollo integrados son requeridos para el desarrollo de habilidades de programación, en el caso de las personas ciegas, es fundamental el trabajo conjunto para lograr una correcta interpretación del entorno. Usualmente, este tipo de herramientas se vale de atributos visuales para indicar al programador diferentes aspectos del código en desarrollo. Es frecuente encontrar palabras reservadas resaltadas en diferentes colores, indentaciones, compresiones y extensiones de delimitadores de bloques, entre otros. En aula, tales aspectos podían ser fácilmente resueltos por medio de intervenciones del docente a cargo, pero la dificultad en el uso del entorno se acrecentaba cuando los problemas eran en ámbitos extra clase.

Con el objetivo de salvar tales dificultades, desde la cátedra se impulsó el diseño e implementación de una herramienta de soporte a la tarea de programación que facilite el entendimiento de códigos fuentes desarrollados en C++. Esta herramienta incorpora marcas y sugerencias dentro del código fuente a fin de facilitar su lectura e interpretación por medio del uso de un lector de pantalla. Para determinar el conjunto de marcas a incorporar, se realizó un trabajo conjunto entre docentes y alumnos a fin de identificar las dificultades detectadas en relación al entorno de desarrollo por parte del alumno ciego. Una vez definido el conjunto de funcionalidades a implementar, se asignó un becario de grado para su implementación. Este becario trabajó en estrecha relación con

los docentes y auxiliares de la cátedra para mejorar el rendimiento de las funcionalidades permitiendo adaptar el desarrollo a los problemas que fueron surgiendo a lo largo del ciclo lectivo. El lenguaje de programación elegido fue Java debido a las ventajas que presenta en lo referente a portabilidad y accesibilidad (sobre todo en relación al lector de pantalla JAWS –elegido por la cátedra como parte de las herramientas a utilizar-). Para mayores detalles sobre la herramienta ver [33].

El conjunto de herramientas de desarrollo finalmente utilizado por el alumno BR (es decir, Windows, Zinjal, JAWS y la herramienta de soporte diseñada por la cátedra), le permitió llevar a cabo todas las actividades prácticas de la asignatura sin afectar su desempeño ni la interacción con el resto de sus compañeros. De esta manera, el uso de las tecnologías adecuadas permitió que el alumno desarrolle el conjunto de habilidades personales requeridas para comenzar a generar contenidos de programación de forma conjunta.

La cátedra de AEDD requiere que los alumnos, además de las clases prácticas, formulen una única solución grupal (hasta tres integrantes) a un problema de ingeniería general formulado como un trabajo práctico integrador que en el ciclo lectivo 2016 consistió en la generación de una aplicación de características similares a los sitios de juegos y competencias, pero incorporando requerimientos de accesibilidad para usuarios ciegos. El conjunto de juegos propuesto como parte del sitio permitía a los usuarios desarrollar habilidades de dactilografía, agilizar el manejo de operadores lógicos, relacionales y aritméticos, y distenderse jugando aplicativos simples de la categoría de entretenimiento. La incorporación del requerimiento de accesibilidad, obligó a todos los estudiantes a diseñar mecanismos alternativos para que usuarios ciegos pudieran hacer uso de los desarrollos. De esta forma, el alumno BR no sólo era capaz de probar desarrollos propios sino que, además, todos los equipos se involucraron con la problemática de la accesibilidad. En muchos casos, a fin de probar los desarrollos, los grupos tuvieron que utilizar lectores de pantalla (herramienta desconocida previamente al inicio del cursado con BR). Además de los juegos obligatorios, los grupos tuvieron la posibilidad de extender las funcionalidades solicitadas incorporando un juego opcional de características similares a los propuestos. Dado que no todos los juegos pueden adaptarse para su uso por parte de usuarios ciegos, este requerimiento opcional se transformó en un desafío de búsqueda (y posterior desarrollo) para todos los equipos.

El grupo del alumno BR logró resolver en tiempo y forma el trabajo práctico haciendo uso de las herramientas de software propuestas. Este logro demostró que el alumno fue capaz de adquirir las habilidades de trabajo grupal de forma colaborativa haciendo uso de las tecnologías de la información disponibles y de los elementos de trabajo desarrollados. Sin un trabajo colaborativo entre los docentes y el alumno BR, es probable que las estrategias y herramientas tradicionales no hubiesen sido suficientes para cubrir tales expectativas. La incorporación del resto de los estudiantes en la temática, dio lugar a nuevas perspectivas para abordar la problemática. Algunas de las estrategias utilizadas para resolver la accesibilidad de los juegos solicitados como parte del trabajo práctico, fueron utilizadas como base para mejorar las funcionalidades de la herramienta de soporte implementada.

## V. DISCUSIÓN DE LA EXPERIENCIA

Existen dos perspectivas para analizar la experiencia transitada en la cátedra AEDD: desde el punto de vista de la cátedra (docentes, auxiliares y becarios) y desde el punto de vista del grupo de alumnos (tanto del alumno ciego, como del resto de los estudiantes que participaron en el curso).

En el primer caso, las estrategias adoptadas por los docentes no sólo contribuyeron al aprendizaje del alumno ciego sino que, además, llevaron a los integrantes de la cátedra a involucrarse en soluciones relacionadas con una problemática relevante en el ámbito universitario como lo es la accesibilidad.

A diferencia de la educación primaria y secundaria donde se tienen asistentes especiales y talleres extracurriculares de apoyo para el trabajo con personas ciegas, a nivel universitario existe una ausencia de mecanismos de contención que ayuden al proceso de enseñanza/aprendizaje. El diseño (y posterior aplicación) de un marco de trabajo adaptado a la situación del curso, posibilitó la interacción conjunta entre docentes y estudiantes, habilitando una forma de trabajo centrada en la colaboración y el entendimiento de la accesibilidad como parte del entorno de trabajo (tanto por los estudiantes como por los profesores y auxiliares involucrados con el curso).

La concepción de un trabajo práctico integrador basado en juegos accesibles contribuyó a trabajar la accesibilidad desde un nuevo punto de vista. En este contexto, los estudiantes pasaron de ser actores pasivos (usuarios de tecnologías tradicionales y conocedores de las tiflotecnologías utilizadas por el alumno BR) a ser actores activos en el desarrollo de tecnologías accesibles. La misma situación se evidenció con los docentes y becarios involucrados en el desarrollo de la herramienta de soporte. Dicha herramienta benefició la comunicación entre los docentes y el alumno BR, favoreciendo la comprensión de los códigos desarrollados como parte de los ejercicios prácticos propuestos por la cátedra. De esta manera, demostró ser de utilidad tanto para el programador ciego como así también para los docentes al momento de introducir conceptos prácticos.

Desde el punto de vista del grupo de alumnos, la experiencia también reportó resultados satisfactorios. El alumno BR valoró positivamente los mecanismos de trabajo implementados a lo largo del cursado, como así también la facilidad de uso de las herramientas propuestas. El proceso del trabajo práctico de forma grupal le permitió intercambiar sus desarrollos con los de sus compañeros, momento en el cual el uso de la herramienta de soporte fue clave para lograr una comprensión integral del contenido de los algoritmos. La digitalización de los documentos teóricos se llevó a cabo haciendo uso de herramientas estándares propuestas por el alumno, las cuales le facilitaron el acceso a la información textual requerida como parte de las clases teóricas.

Aunque la constitución de los grupos de desarrollo para el trabajo práctico integrador es fija (se mantiene el mismo equipo a lo largo de todo el proceso de trabajo), el alumno BR formó relaciones de trabajo con otros compañeros para el resto de las actividades propuestas. Todos estos compañeros se adaptaron en una etapa temprana al trabajo colaborativo con el alumno, involucrándose plenamente en el funcionamiento de

las tiflotecnologías con las que trabajaba. De esta manera, se evidenció un compromiso de los estudiantes para con su compañero, lo que facilitó el trabajo tanto en el aula como en las actividades extra cátedra.

## VI. CONCLUSIONES

El trabajo con un alumno ciego ingresante a la carrera Ingeniería en Sistemas de Información constituyó un desafío, en primer lugar para la institución universitaria y, en segundo lugar, para los docentes de primer año de la carrera. En este trabajo se ha descrito la experiencia llevada a cabo en la Facultad Regional Santa Fe de la Universidad Tecnológica Nacional, poniendo especial énfasis en la experiencia de enseñanza de programación transitada en el curso de Algoritmos y Estructuras de Datos.

El impacto de la experiencia ha generado importantes influencias en la institución, en la cátedra y en los estudiantes. Desde la institución, se pudo analizar la política de inclusión desde una perspectiva más precisa. En este caso, la accesibilidad no solo se trata de abrir las puertas a todos los potenciales estudiantes que deseen ingresar en la institución, sino que además requiere de un trabajo adecuado de investigación y capacitación que posibilite el desarrollo de metodologías adecuadas junto con los instrumentos requeridos para su implementación (según el caso). Desde la cátedra, la experiencia de enseñar programación a un estudiante ciego motivó a los docentes a indagar sobre las capacidades de accesibilidad de las herramientas que usualmente se aplicaban en el curso. Además, les permitió conocer y utilizar nuevas tecnologías que potencian la accesibilidad de las herramientas tradicionales. En particular, un grupo de docentes y becarios trabajaron en el diseño e implementación de un nuevo tipo de software que contribuye a la enseñanza y el aprendizaje de programación estructurada por parte de personas ciegas. Finalmente, en los estudiantes se fortaleció la definición de objetivos actitudinales. El trabajo colaborativo, el intercambio y la discusión de soluciones contribuyeron a generar conciencia sobre la temática, acercando a los estudiantes al desarrollo de software accesible. Se espera no perder este foco en el desarrollo de trabajos prácticos futuros, permitiendo trabajar en áreas relacionadas con otras discapacidades. Es importante destacar que el alumno BR logró realizar todas las actividades propuestas por la cátedra, logrando los objetivos planteados y alcanzando la promoción directa de la asignatura en primera instancia.

La experiencia transitada durante el primer año llevó a que los docentes de primer nivel transmitieran las estrategias, instrumentos y prácticas utilizados en las diferentes cátedras a los docentes de 2º año. De esta manera, desde la facultad se propuso un esquema de integración tanto a nivel horizontal (entre asignaturas del mismo nivel) como a nivel vertical (entre asignaturas de diferentes niveles). En este último caso, la interacción surgió de forma natural entre aquellas cátedras que pertenecen a la misma área curricular (programación, computación, sistemas de información, gestión ingenieril y modelos). Si bien este trabajo se centra en la asignatura del área de programación AEDD, es importante destacar que se generaron articulaciones desde dicha cátedra hacia las asignaturas de los siguientes niveles. Específicamente, en la

cátedra Paradigmas de Programación se continuó el desarrollo de la herramienta de soporte implementada a fin de incluir nuevas marcas útiles para el aprendizaje de nuevos lenguajes de programación. En este sentido, la motivación consiste en brindar una solución automatizada que permita resolver las dificultades que surgen durante el proceso de aprendizaje de los diferentes paradigmas de programación.

Se ha trabajado también en la sistematización de esta experiencia, de manera que la herramienta desarrollada como base de trabajo conforme un elemento de tiflotecnología. En este sentido, se detallan algunas de sus características:

- La herramienta ha sido diseñada como un aplicativo de software que brinda soporte a los programadores ciegos a fin de simplificar las tareas de lectura y análisis de código fuente. Procesa códigos implementados en algún lenguaje de programación válido y devuelve los mismos códigos pero con agregados textuales (denominados “marcas”) que refieren a las representaciones visuales que normalmente incluyen los IDE. Además, incorpora sonidos que sirven como guía durante el proceso de transformación. Tanto la carga de los archivos como su procesamiento pueden manipularse desde teclado, lo que facilita su uso por parte de personas ciegas.
- Se utilizó el lenguaje de programación Java para su implementación a fin de garantizar su funcionamiento en múltiples plataformas. Además, Java es compatible con la mayoría de los lectores de pantalla (por lo que se asegura su correcta manipulación).
- Se empleó la metodología de desarrollo basado en prototipos combinada con metodologías ágiles, lo que permitió la construcción de modelos de aplicaciones sobre los cuales fue posible analizar las funcionalidades requeridas sin necesidad de incluir toda la lógica y/o características del modelo final. De esta forma, se evaluó en forma temprana el producto para determinar su adecuación a las expectativas específicas del caso.
- El diseño arquitectónico utilizado corresponde a una arquitectura pipeline. Para cada dificultad identificada se diseñó e implementó un componente de procesamiento que automatiza la solución propuesta. Con este esquema, cada componente de procesamiento actúa sobre una versión del código fuente a fin de modificarla y retransmitirla (como flujo de salida) hacia otro componente. El flujo de datos inicial es el código original. El flujo de datos final es el código con la representación textual (marcas) de todos los elementos visuales.

Este esquema permite, además de una correcta modularización de las soluciones para cada problema identificado, la posibilidad de incorporar incrementalmente nuevo contenido sin requerir modificaciones en el desarrollo previo. Incluso pueden agregarse nuevos lenguajes de programación a fin de incorporar marcas específicas de su forma de codificación como parte del proceso de marcado. Esto implica que la arquitectura elegida facilita la adición de marcas por medio de la incorporación de nuevos componentes de procesamiento en interacción con los ya implementados.

El modelo de diseño basado en componentes puede ser utilizado para generar recursos de tiftotecnología similares al generado en esta experiencia, atendiendo soluciones vinculadas a otras herramientas y entornos de desarrollo. Incluso permite realizar una evolución de esta misma herramienta (por ejemplo una nueva versión o un producto derivado) incorporando otras funcionalidades para programadores ciegos.

Además es importante pensar que este tipo de elementos de tiftotecnología que procuran la adaptación de procedimientos y técnicas para su utilización por los ciegos, son herramientas que en general surgen como necesidades concretas en las instancias de enseñanza-aprendizaje. Por ello, si bien como docentes de estos alumnos es importante realizar una buena búsqueda de recursos que les sirvan en las necesidades de formación, tanto o más importante es estar atentos a las pequeñas modificaciones que permitan adaptar las herramientas que se tienen y utilizan con el resto de los alumnos. De esta forma, se favorece su integración e inclusión en las actividades comunes.

En la actualidad, desde el Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información de la facultad, se continúa abordando esta área temática por medio de la preparación de un proyecto de investigación y desarrollo cuyo objetivo consiste en trabajar la accesibilidad de forma integral a lo largo de las distintas asignaturas de la carrera. Además, se ha abierto el análisis a otras facultades regionales, interactuando con otros docentes que efectúan investigaciones relacionadas con la temática de accesibilidad.

#### REFERENCIAS

- [1] S. Aquino Zúñiga, V. García Martínez, and J. Izquierdo, "La inclusión educativa de ciegos y baja visión en el nivel superior. Un estudio de caso", *Sinética*, vol. 39, no. 1, pp. 1-21, 2012.
- [2] Potluri, V., Vaithilingam, P., Iyengar, S., Vidya, Y., Swaminathan, M., & Srinivasa, G. CodeTalk: "Improving Programming Environment Accessibility for Visually Impaired Developers". In Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '18. ACM, New York, NY, USA, Paper 618, 11 pages. DOI: <https://doi.org/10.1145/3173574.3174192>
- [3] Baker, C. M., Milne, L. R., & Ladner, R. E. "StructJumper". In Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '15 (pp. 3043–3052). New York, New York, USA: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/2702123.2702589>
- [4] Albusays, K., & Ludi, S. "Eliciting programming challenges faced by developers with visual impairments". In Proceedings of the 9th International Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering - CHASE '16 (pp. 82–85). Austin, TX, USA. <https://doi.org/10.1145/2897586.2897616>
- [5] Capel, G., Torres, D. and Vidal, JI. "The use of learning objects in the academic adequacy in an object-oriented programming course for a blind student". *Learning Technologies (LACLO)*, 2017 Twelfth Latin American Conference on, 1-4.
- [6] Konecki, M. "GUIDL as an aiding technology in programming education of visually impaired". *Journal of Computers*, vol. 9, no. 12, 2014, pp. 2816-2821. ACADEMY PUBLISHER. doi:10.4304/jcp.9.12.2816-2821
- [7] J. Sánchez and F. Aguayo, "APL: Un Lenguaje de Programación basado en Audio para Aprendices Ciegos" *IE Comun. Rev. Iberoam. Informática Educ.*, No. 1, p. 31–38, 2005.
- [8] I. Kopecek and A. Jergova, "Programming and visually impaired people" presented at the IFIP world computer congress, 1998, pp. 365–372.
- [9] C. Frauenberger and M. Noistering, "3D audio interfaces for the blind" in Proceedings of the 2003 International Conference on Auditory Display, Boston, MA, USA, July 6-9, 2003.
- [10] A. C. Smith, J. M. Francioni, and S. D. Matzek, "A Java Programming Tool for Students with Visual Disabilities" in Proceedings of the Fourth International ACM Conference on Assistive Technologies, New York, NY, USA, 2000, pp. 142–148.
- [11] R. M. Siegfried, "Visual Programming and the Blind: The Challenge and the Opportunity" in Proceedings of the 37th SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education, New York, NY, USA, 2006, pp. 275–278.
- [12] Kirchner, C., & Schmeidler, E. Adding Audio Description: Does it make a difference?. *Journal of Visual Impairment & Blindness (JVIB)*, 95.
- [13] A. D. N. Edwards, "Soundtrack: An Auditory Interface for Blind Users" *Hum-Comput Interact*, vol. 4, no. 1, pp. 45–66, Mar. 1989.
- [14] J. Sánchez and F. Aguayo, "Blind Learners Programming Through Audio" in CHI '05 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, New York, NY, USA, 2005, pp. 1769–1772.
- [15] Jewsbury, A. "Construcción de la accesibilidad en los estudios universitarios en ingeniería". V Jornada de Enseñanza de la Ingeniería. ISSN: 2313-9056. Facultad Regional San Nicolás. San Nicolás, Octubre de 2017.
- [16] Ley 26.206 de Educación Nacional: <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ley-de-educ-nac-58ac89392ea4c.pdf>.
- [17] Ley N° 24.521 de Educación Superior: <https://www.educ.ar/recursos/91820/ley-de-educacion-superior>.
- [18] Ley N° 25.573. Modificatoria de la Ley de Educación Superior: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/70000-74999/73892/norma.htm>.
- [19] Programa Integral de Accesibilidad en las Universidades Públicas: [www.unsl.edu.ar/index.php/main/imprimir\\_pdf/730](http://www.unsl.edu.ar/index.php/main/imprimir_pdf/730).
- [20] UTN - Políticas de accesibilidad académica. Res. N° 2680/2016 CS. <http://csu.rec.utn.edu.ar/docs/php/salida.php3?tipo=RES&numero=2680&anio=2016&facultad=CSU>
- [21] UTN - "Programa de Accesibilidad Universitaria UTN Santa Fe: Ingenierías Accesibles". Res. N° 315/2017 CD. <https://www.frsf.utn.edu.ar/estudiantes/programa-de-accesibilidad-academica>
- [22] Pegalajar Palomino, M.C. Tiftotecnología e Inclusión Educativa: evaluación de sus posibilidades didácticas para el alumnado con discapacidad visual. *Revista Electrónica de Investigación y Docencia (REID)*, 9, Enero, 2013, 08-22. ISSN: 1989-2446. Disponible en <http://www.revistareid.net/revista/n9/REID9art1.pdf>
- [23] Cabero, J., Córdoba, M. y Fernández, J.M. Las TICs para la igualdad. Nuevas tecnologías y atención a la diversidad. Sevilla: Eduforma.
- [24] Jaws Screen Reader - Best in Class. Disponible en <http://www.freedomscientific.com/Products/Blindness/JAWS>
- [25] NV Access. Disponible en <https://www.nvaccess.org/>
- [26] GW Micro - Window-Eyes. Disponible en <http://www.gwmicro.com/window-eyes>
- [27] Accessibility - OS X - Voice Over - Apple. Disponible en <http://www.apple.com/accessibility/osx/voiceover/>
- [28] Orca. Disponible en <https://help.gnome.org/users/orca/stable/>
- [29] The Speakup Project. Disponible en <http://www.linux-speakup.org/>
- [30] Chrome Vox. Disponible en <http://www.chromevox.com/>
- [31] I. R. Salavert and M. D. L. Pérez, "Ingeniería del software y bases de datos: tendencias actuales". Universidad de Castilla La Mancha, 2000.
- [32] Zinjal. Disponible en <http://zinjal.sourceforge.net/>.
- [33] M. J. Blas, D. García Lozano y M. Castellaro, "Propuesta de una Herramienta de Soporte para el Desarrollo de Habilidades de Programación en Estudiantes No Videntes". *Anales del 2016 Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información (CONAIIISI 2016)*, 2016.